UNIVERSITATEA DE ȘTIINȚE AGRONOMICE
ȘI MEDICINĂ VETERINARĂ – BUCUREȘTI

FACULTATEA
DE AGRICULTURĂ

Departamentul de Studii pentru Învăţământ cu Frecvenţă Redusă (DIFRED-FA)

SPECIALIZAREA: AGRICULTURĂ

Conf.dr. Roxana Madjar **Prof.dr.Velicica Davidescu**

AGROCHIMIE

Bucureşti

- 2012 -

© Copyright 2012: Roxana Madjar, Velicica Davidescu

Reproducerea integrală sau parțială a textului sau a ilustrațiilor din această carte prin orice mijloace este posibilă numai cu acordul scris al autorilor. Toate drepturile rezervate.

CUPRINS

Cuvânt înainte..... 8

AGROCHIMIA ŞTIINȚĂ INTERDISCIPLINARĂ..... 10

Tema nr. 1 Agrochimia ştiință interdisciplinară..... 10

1.1. Obiectul agrochimiei..... 10

1.2. Legile generale ale sporirii sau menținerii stării de fertilitate..... 11

BAZELE AGROCHIMICE ALE FERTILIZĂRII ÎN RAPORT CU CERINȚELE PLANTELOR..... 19

Tema nr.2 Asimilarea elementelor nutritive. Fotosinteza şi respirația..... 19

2.1.Fotosinteza plantelor..... 19

2.2.Respirația plantelor..... 25

Tema nr.3 Compoziția chimică a plantelor în legătură cu cerințele lor față de elementele nutritive..... 29

3.1.Compoziția chimică a plantelor..... 29

3.1.1. Compoziția chimică caracteristică a plantelor..... 31

3.1.2. Legătura dintre compoziția plantelor şi cea a scoarței terestre..... 32

3.2. Clasificarea elementelor nutritive..... 33

3.2.1. Clasificarea elementelor după rol..... 33

3.2.2. Clasificarea elementelor după ponderea lor în plantă..... 33

3.3. Formele elementelor nutritive asimilate de către plantă..... 35

Tema nr.4 Rolul elementelor nutritive în viața plantelor..... 38

Tema nr.5 Stările de nutriție la plantele cultivate..... 50

5.1. Starile de aprovizionare a plantelor cu elemente nutritive..... 50

5.2. Cerințele plantelor în substanțe nutritive în raport cu vârsta şi fazele de vegetație..... 53

5.3. Consumul de elemente nutritive la plantele cultivate..... 55

Tema nr.6 Absorbția radiculară a elementelor nutritive..... 57

6.1. Mecanismul absorbției radiculare a elementelor nutritive..... 57

6.2. Interacțiunea ionilor din mediu nutritiv..... 66

SOLUL CA MEDIU NATURAL DE NUTRIȚIE ŞI DE APLICARE A ÎNGRĂŞĂMINTELOR..... 72

Tema nr.7 Componentele solului..... 72

7.1. Faza solidă a solului..... 73

7.2. Faza lichidă a solului..... 86

7.3. Faza gazoasă a solului..... 87

7.4. Formele elementelor nutritive din sol şi accesibilitatea lor pentru plante..... 88

Tema nr.8 Procesele de reținere din sol..... 94

8.1.Capacitatea de reținere mecanică..... 95

8.2.Capacitatea de reținere fizică – adsorbția apolară..... 95
8.3. Capacitatea de reținere fizico-chimică (polară) cu schimb 96
8.4. Capacitatea de reținere chimică fără schimb - chemosorbția…… 100
8.5. Capacitatea de reținere biologică…… 101
Tema nr. 9 Fertilitatea, însuşirea principală şi fundamentală a solului…… 104
9.1. Noțiunea de fertilitate a solului ……. 104
9.2. Principalele însuşiri agrochimice ale solului ce caracterizează starea de fertilitate a solului. Reacția solului şi semnificația ei agrochimică. ……. 106
Tema nr. 10. Corectarea reacției acide a solului……... 114
10.1.Procesul de debazificare a solului……. 115
10.2. Repartizarea solurilor acide în țara noastră……... 116
10.3. Evaluarea calitativă şi cantitativă a acidității solurilor, importanța cuantificării acidității pentru calculul dozelor de amendamente …… 116
10.3.1. Sursele de acidifiere în sol…… 117
10.3.2.Noțiunea de amendament. Operația de amendare a solurilor acide……. 117
10.3.3. Stabilirea nevoii de amendament prin apreciere calitativă……..... 121
10.3.4. Stabilirea dozei de amendament pentru solurile acide…….. 122
10.3.5. Transformările amendamentelor pe solurile acide.. ……. 125
10.3.6. Epoca de încorporare a amendamentelor…… 126
10.4. Efectele amendării asupra proprietăților solului……... 127
Tema nr. 11. Corectarea compoziției ionice a solurilor saline şi alcalice…… 132
11.1. Repartizarea solurilor sărăturate în țara noastră……... 132
11.2. Cauzele care duc la sărăturare……..... 133
11.3. Criterii de clasificare a solurilor saline şi alcalice…… 134
11.4 Criterii de caracterizare a solurile saline şi alcalice……... 137
11.5. Substanțe folosite ca amendamente pentru solurile saline şi alcalice……... 139
11.6. Calculul dozei de amendament pentru soluri saline şi alcalice……. 141
11.7. Amendarea diferențiată a solurilor sărăturate……..... 143
Tema nr. 12. Capacitatea de tamponarea a solului şi semnificația ei agrochimică……. 147
Tema nr. 13. Fenomenele de oxido-reducere din sol şi importanța lor în aplicarea îngrăşămintelor……..... 153
Tema nr. 14. Biodinamica substanțelor nutritive din sol şi starea de fertilitate..... 159
14.1. Biodinamica azotului ……..……. 160
14. 2. Biodinamica fosforului……..... 165
14.3. Biodinamica potasiului……..…… 166
14.4. Biopreparate pentru fertilizarea solului ……..... 167
ÎNGRĂŞĂMINTELE CA MIJLOC DE SPORIRE A FERTILITĂȚII SOLULUI ŞI 175

PRODUCȚIEI AGRICOLE …….....
Tema nr. 15 Definiția şi clasificarea îngrăşămintelor. Îngrăşăminte chimice cu azot..... 175
15.1. Definiția şi clasificarea îngrăşămintelor……..... 176
15.2. Producția şi consumul de îngrăşăminte în lume şi în țara noastră……... 178
15.3. Proprietățile fizice şi chimice ce condiționează calitatea îngrăşămintelor…… 179
15.4. Îngrăşămintele chimice cu azot……..…….. 181
15.4.1. Clasificarea îngrăşămintelor cu azot……... 181
15.4.2. Sortimentul îngrăşămintelor cu azot……... 181
15.4.3. Factorii care condiționează aplicarea îngrăşămintelor cu azot…… 184
Tema nr. 16 Îngrăşăminte chimice cu fosfor……..... 187
16.1.Clasificarea îngrăşămintelor cu fosfor……..... 188
16.2.Sortimentul îngrăşămintelor chimice cu fosfor……... 188
16.3.Factorii care condiționează aplicarea îngrăşămintelor cu fosfor…… 190
Tema nr. 17 Îngrăşăminte chimice cu potasiu. Îngrăşăminte chimice cu macroelemente de ordin secundar (Mg, S). ……..... 194
17.1.Îngrăşămintele chimice cu potasiu……..... 194
17.1.1. Clasificarea îngrăşămintelor cu potasiu……..... 195
17.1.2. Zăcăminte naturale de săruri cu potasiu……..... 195
17.1.3. Sortimentul îngrăşămintelor chimice cu potasiu…….. 196
17.1.4.Factorii care condiționează aplicarea îngrăşămintelor cu potasiu…… 198
17.2. Îngrăşămintele chimice cu elemente de ordin secundar (magneziu, sulf) …… 199
17.2.1.Îngrăşăminte cu magneziu. ……..... 199
17.2.2.Îngrăşăminte cu sulf. ……..... 200
Tema nr. 18 Îngrăşăminte chimice cu microelemente…… 203
18.1.Îngrăşăminte cu fier. ……..……... 203
18.2. Grupa microelementelor – B, Mn, Zn, Cu, Co, Mo. …… 204
Tema nr. 19 Îngrăşămintele complexe şi mixte…… 208
19.1. Îngrăşămintele complexe şi mixte cu două, trei şi mai multe elemente…… 208
19.2.Îngrăşăminte complexe cu microelemente……..... 209
19.3.Îngrăşăminte complexe lichide……..... 209
19.4.Cenuşa……..…… 210
19.5.Îngrăşăminte complexe din deşeuri organice……..... 211
19.6.Îngrăşăminte mixte cu substanțe pesticide……..... 211
19.7. Condiții de utilizare……..... 213
Tema nr. 20 Păstrarea îngrăşămintelor chimice……. 215
20.1.Depozitul de îngrăşăminte……..……. 215
20.2.Pregătirea îngrăşămintelor chimice înainte de aplicare……. 216

20.3.Reguli de amestecare a îngrăşămintelor……..... 217
Tema nr. 21 Îngrăşăminte organice naturale……..... 219
21.1.Clasificare……...…… 220
21.2.Gunoiul de grajd. Compoziția chimică, mod de păstrare şi aplicare. …… 220
21.3.Tulbureala (Gülle) ……..... 228
21.4.Mraniţa……...…… 229
21.5.Mustul de gunoi de grajd, gunoiul artificial, paiele, turba, gunoiul de păsări. Compoziția chimică mod de păstrare şi aplicare. ……..... 229
Tema nr. 22 Composturi şi alte îngrăşăminte organice naturale…… 233
22.1. Compostul……...…….. 233
22.2. Îngrăşăminte verzi……...…….. 235
22.3. Îngrăşăminte cu substanțe humice……..... 237
22.4.Amestecuri organo-minerale……..... 237
22.5. Materiile reziduale ale oraşelor……..... 237
22.6. Nămolurile……...…… 238
22.7. Apele uzate……..... 238
CONTROLUL STĂRII DE FERTILITATE …… 240
Tema nr.23 Controlul stării de fertilitate prin metode agrochimice…… 240
23.1. Diagnosticul foliar al nutriției după semne exterioare…….. 242
23.2. Testarea stării de fertilitate prin analiza chimică a plantei……... 246
23.3. Testarea stării de fertilitate prin analiza chimică a solului……... 247
23.4. Controlul stării actuale de fertilitate……..... 249
23.5. Bazele teoretice şi practice ale cartării agrochimice. Elaborarea planurilor de fertilizare. …… 251
STABILIREA DOZELOR DE ÎNGRĂŞĂMINTE…… 254
Tema nr. 24 Stabilirea dozelor optime de îngrăşăminte. Metode directe, intermediare şi indirecte de calcul a dozelor. ……..... 254
24.1.Stabilirea dozelor de îngrăşăminte după indicii agrochimici şi bilanțul elementelor nutritive, varianta Davidescu-Crişan……...……..... 257
24.2.Stabilirea dozelor de îngrăşăminte în raport cu indicii agrochimici, potențialul genetic şi factorii de mediu. ……...……..... 261
24.3. Stabilirea dozelor de îngrăşăminte chimice pentru culturi de câmp şi legume în funcție de indicii agrochimici ai solului. ……..... 264
24.4. Calculul dozelor de îngrăşăminte chimice, la culturile în câmp, necesare pentru ridicarea la un nivel optim al conținutului de elemente nutritive din sol. ……. 265
24.5.Calculul dozelor de îngrăşăminte chimice, necesare pentru ridicarea la un nivel optim al conținutului de elemente nutritive din substrat. ……..... 266
24.6. Stabilirea dozelor de îngrăşăminte organice. ……..... 266

24.7. Evaluarea necesarului de îngrăşăminte organice şi minerale cu NPK pe baza calculării dozelor optime economic (DOE). ……..... 269
SISTEMUL DE FERTILIZAREA……..... 277
Tema nr. 25 Principiile de bază ale sistemului de fertilizare…….. 277
25.1.Obiectivele sistemului de fertilizare……..... 278
25.2.Factorii de care se ține seama în alcătuirea unui sistem de fertilizare……... 279
25.3.Metodele şi epocile de aplicare a îngrăşămintelor……. 279
25.4. Particularitățile sistemului de fertilizare în condiții de irigare…….. 281
25.5. Eficiența îngrăşămintelor pentru plantele cultivate în asolament……. 284
Tema nr. 26 Fertilizarea minerală şi organică la principalele culturi agricole…… 286
26.1. Principiile de bază ale aplicării îngrăşămintelor la culturi de câmp……. 286
26.1.1. Considerații generale……..... 286
26.1.2. Fertilizarea cerealelor……..... 287
26.1.3. Fertilizarea leguminoaselor pentru boabe……... 288
26.1.4. Fertilizarea plantelor uleioase……..... 289
26.1.5.Fertilizarea plantelor tuberculifere şi rădăcinoase……. 290
26.2. Principiile de bază ale aplicării îngrăşămintelor la păsuni şi fânețe……. 291
Tema nr. 27 Principiile de bază ale aplicării îngrăşămintelor la plantele legumicole cultivate în câmp şi în spații protejate……..... 295
27.1.Parametrii agrochimici ai solurilor care conditionează starea de fertilitate pentru cultura legumelor în câmp……..…… 296
27.2. Fertilizarea culturilor de legume în spații protejate…….. 299
27.3.Unele particularități privind fertilizarea speciilor de plante legumicole…… 302
Tema nr.28. Impactul chimizării intensive asupra mediului înconjurător. Referiri la legislația în vigoare privind aplicarea îngrăşămintelor minerale şi organice…… 307
BIBLIOGRAFIE SELECTIVĂ..... 311

Cuvânt înainte

Tradiția şi experiența şcolii agronomice româneşti arată că de-a lungul timpului specialiştii pregătiți pe băncile facultăților de specialitate (agricolă, horticolă, zootehnică etc.) au făcut față cu „brio" provocărilor din domeniu, mulți dintre ei situându-se în vârful ierarhiei profesionale.

Pentru pregătirea lor profesională, dascălii au considerat toate disciplinele din planurile de învățământ egale ca importanță, ele apărând şi fiind incluse în planurile de învățământ pe măsură evoluției cunoştiințelor ştiințifice şi cerințelor impuse domeniului respectiv.

Astfel, putem afirma că în pregătirea specialiştilor agronomi indiferent de forma de învățământ (cursuri la zi, frecvență redusă etc.) a acționat şi acționează şi în prezent una din legile pe care le veți întâlni în primul capitol al acestei lucrări (bineînțeles adaptată), şi anume, ***„Legea egalei importanțe a tuturor disciplinelor din planul de învățământ"****.*

Cursul prezent reprezintă o formă actualizată, îmbunătățită şi restructurată pentru studenții cu specializarea – agricultură, conform recomandărilor ARACIS pentru învătământul cu frecvență redusă, a cursului de agrochimie apărut în anul 2009 cu acelaşi titlu pentru studenții facultății de horticultură, învățământ la distanță.

Disciplina de agrochimie apărută în planurile de învățământ agricol, ca o necesitate a vremii, în anul 1951, desprinsă din disciplina de agrotehnică, are o tradiție de peste 60 de ani, contribuie la pregătirea specialistului agronom şi ridică, totodată, gradul de tehnicitate al pregătirii profesionale prin folosirea cunoştiințelor dobândite şi la celelalte discipline din planul de învățământ (chimie, biochimie, pedologie, fiziologie, matematică, informatică, tehnică experimentală etc.)

Cursul de Agrochimie, *pentru studenţii de la învăţământul agricol cu frecvenţă redusă, elaborat de Conf. dr. Roxana Madjar şi Prof. dr. Velicica Davidescu, sistematizat într-o formă didactică atractivă, uşor de asimilat, structurat pe teme şi unităţi de învăţare, cuprinde noţiunile de bază ale disciplinei, rezumatul prelegerilor şi o serie de teste pentru autoevaluarea cunoştiinţelor de către student, urmărind să pregătească viitorii specialişti la un nivel corespunzător actualelor cerinţe pentru piaţa forţei de muncă în domeniul agricol.*

Autorii

Tema nr.1

AGROCHIMIA ŞTIINŢĂ INTERDISCIPLINARĂ

Unităţi de învaţare:

- Obiectul agrochimiei
- Legile generale ale sporirii şi menţinerii stării de fertilitate

Obiectivele temei:

- expunerea principalelor aspecte tratate de ştiinţa interdisciplinară numită agrochimie;

- stabilirea unor relaţii de intercondiţionarea a factorilor de vegetaţie care influenţează creşterea plantelor;

- formularea unor principii şi legi ale fertilităţii solului.

Timpul alocat temei: 2 ore

Bibliografie recomandată:

1. Davidescu D.,Velicica Davidescu, 1981. *Agrochimia modernă*. Ed. Academiei RSR Bucureşti.
2. FAO, 2006. *Plant nutrition for food security,* Food and Agriculture Organization of the United Nations, Roma.
3. Madjar Roxana, 2008. *Agrochimie* – Planta şi solul. Ed. INVEL Multimedia, Bucureşti.
4. Madjar Roxana, Velicica Davidescu, 2009. *Agrochimie.* USAMVB, Facultatea de Horticultură, Învăţământ la distanţă, Bucureşti

1.1. Obiectul agrochimiei

Agrochimia este o ştiinţă interdisciplinară care se ocupă cu controlul şi diagnoza stării de fertilitate a solului şi a stării de nutriţie a plantelor, prin analiza chimică a solului şi a plantei. Are ca mijloace de intervenţie pentru menţinerea şi sporirea fertilităţii, îngrăşămintele şi amendamentele, a căror folosire trebuie să ducă la sporirea cantitativă şi calitativă a producţiei vegetale, la dirijarea proceselor fiziologice şi biochimice de formare a producţiei şi rezistenţei plantelor fără degradarea mediului înconjurător.

Agrochimia tratează problemele nutriţiei plantelor într-un sistem integrat cu mediul ambiant incluzând sistemul sol, plantă, îngrăşămintele şi microorganismele.

Agrochimia este ştiinţa care se ocupă cu studiul circuitului substanţelor nutritive în mediul de creştere şi de dezvoltare a plantelor agricole, în vederea stabilirii măsurilor de sporire a producţiei şi de îmbunătăţire a calităţii produselor.

Agrochimia studiază:

- ⇨ Dinamica elementelor nutritive în mediul de creştere şi dezvoltare a plantelor;
- ⇨ Bazele agrochimice în raport cu rolul elementelor nutritive şi cu cerinţelele plantelor în legătură cu aplicarea îngrăşămintelor;
- ⇨ Proprietăţile solului în legătură cu aplicarea îngrăşămintelor, legile acţiunii reciproce dintre plante, sol, microorganisme şi îngrăşăminte. Principalele însuşiri agrochimice ale solului: reacţia solului în funcţie de pH, fenomenele de oxido-reducere care au loc în sol, capacitatea de tamponare a solului, importanţa adsorbţiei ionice, tipurile de reţinere a elementelor nutritive în sol;
- ⇨ Biodinamica elementelor nutritive în sol;
- ⇨ Corectarea compoziţiei ionice a solului, ameliorarea solurilor acide şi alcaline, indicatori agrochimici de apreciere a necesităţii de amendare, calculul dozelor de amendamente, efectul amendării asupra proprietăţilor solului;
- ⇨ Principalele produse utilizate ca îngrăşăminte chimice şi organice – mijloace de sporire a producţiei;
- ⇨ Controlul stării de fertilitate prin metode agrochimice de analiză de plantă şi sol;
- ⇨ Principiile raţionale ale calculării dozelor de îngrăşăminte şi sistemul de fertilizare;
- ⇨ Efectul chimizării asupra mediului înconjurător, identificarea posibilelor surse şi cauze ale poluării mediului.

1.2. Legile generale ale sporirii sau menţinerii stării de fertilitate

Cercetările întreprinse în diverse experienţe au permis verificarea şi fundamentarea unor observaţii, ipoteze şi teorii, acumularea datelor din experienţe de lungă durată a permis stabilirea unor relaţii de intercondiţionarea a factorilor de vegetaţie care influenţează creşterea plantelor. Determinarea regularităţilor au permis formularea unor principii şi legi ale fertilităţii.

1.Legea egalei importanţe a factorilor de vegetaţie este intuită în lucrările lui Ion Ionescu de la Brad (1818-1891), dar şi de cercetătorul rus Wiliams (1863-1939), care a avut contribuţii notabile în ştiinţele solului.

Această lege este fomulată, în 1940, de către Prianişnikov astfel: **toţi factorii de vegetaţie sunt la fel de necesari şi prin aceasta, importanţi în egală măsură, indiferent de**

raportul cantitativ cu care fiecare intervine în procesul de creştere şi dezvoltare a plantelor, iar neglijarea unuia dintre ei poate să aibă consecinţe negative asupra creşterii şi dezvoltării plantelor, precum şi a recoltelor finale (D.Davidescu, 1992). Aprovizionarea cu elemente nutritive este o cerinţă satisfăcută cu mai multă uşurinţă comparativ cu alt factor de vegetaţie, dar asta nu înseamna că o nutriţie corespunzătoare poate fi suficienţă pentru creşterea şi dezvoltarea plantelor. În egală măsură trebuiesc asiguraţi şi ceilalţi factori precum lumină, apă, căldură etc.

2. Legea nesubstituirii factorilor de vegetaţie este formulată astfel: **nici unul din factorii de viaţă ai plantelor nu poate fi înlocuit printr-un alt factor.**

Acesta formularea relevă rolul specific al fiecărul element nutritiv în metabolismul plantei. Rol care nu poate fi substituit aşa cum spune formularea legii dată în 1940 de către Prianişnikov *insuficienţa unuia din factorii de vegetaţie nu poate fi compensată prin aplicarea în exces a altora.*

3.Legea interdependenţei şi condiţionării reciproce a factorilor de vegetaţie, enunţată astfel: **toţi factorii de vegetaţie sunt în interdependenţă unul cu altul şi condiţionare reciprocă.** Intervenţiile unilaterale asupra unui factor poate să aibă consecinţe nefavorabile asupra creşterii şi dezvoltării plantelor şi recoltei finale prin intercondiţionarea cu ceilalţi factori de vegetaţie. (D.Davidescu, 1992). Un exemplu poate fi efectul pozitiv asupra mobilităţii ionului fosfat prin aplicarea îngrăşămintelor cu fosfor pe un sol bogat în materie organică, comparativ cu efectul mai puţin favorabil privind mobilitatea fosfatului pe un sol sărac în materie organică.

4. Legea completării (restituirii) elementelor nutritive uşor accesibile luate cu recolta

Legea a fost enunţată de Boussingault (1802-1887) ca **lege a restituirii elementelor nutritive luate cu recolta**, în special, pentru restabilirea echilibrului nutriţiei cu azot. Elementele nutritive, în forma lor accesibila plantelor, extrase odată cu recolta necesită completarea prin aplicarea de îngrăşăminte. În cazul completării trebuie avute în vedere:

- elementele uşor accesibile care se ridică odată cu recolta;
- cele care se pierd prin levigare (nitraţi);
- cele care trec în forme greu asimilabile (fosfor, bor), ca urmare a modificării unor însuşiri fizico-chimice (pH, capacitate tampon, etc.).

Legea, de fapt, enunță necesitatea menținerii unei anumite stări de fertilitate, a unui anumit raport între ionii din soluție corespunzător potențialului genetic al soiurilor cultivate. Prin aplicarea îngrăşămintelor trebuie **să se restituie în forme uşor accesibile** elementele nutritive, atât cele ridicate odată cu recolta, cât şi cele care s-au imobilizat sau au fost levigate. (Davidescu V,2000) .

5. Legea minimului şi a maximului a fost formulată ca două legi separate, legea minimului, enunțată de către von Liebig, în 1840, apoi de Hellriegel, regăsită pentru prima oară în lucrările lui Sprengel şi a maximului enunțată de către Wolny .

5a). Legea minimului formulată de Hellriegel (1831-1895) arată că **" dacă unul din factorii de vegetație (apă, hrană, lumină, temperatură) lipseşte, atunci recolta este egală cu zero ".**

Conținutul unui element aflat insuficient în mediu de nutriție determină mărimea recoltei, chiar dacă se măresc dozele de îngrăşăminte din celelalte elemente nutritive recolta se poate plafona. Reprezentarea grafica a legii minimului formulată de Liebig se regăseşte în fig.1

Fig.1 Legea minimului a lui von Liebig în reprezentarea lui Freiherr von Dobeneck, 1903, *cada recoltei* cu doage inegale are o capacitate pentru apă *limitată* de doaga cea mai scurtă (după Loveland Products - INC, 2008)

Mărimea recoltei este determinată de factorul care se găseşte în cea mai mică cantitate față de nevoile plantelor.

5b). Legea maximului formulată de E. Wollny este enunțată atfel: **" dacă una din condițiile de viață (apă, lumină, căldură, hrană) există în mod natural în cantitate maximă, atunci recolta este zero".** Atunci când unul din factorii de vegetație se află în maxim efectul este la fel de nefavorabil ca şi atunci când se găseşte în cantitate minimă, atât excesul cât şi carența unui element afectează nutriția, dar şi asimilarea corespunzătoare a celorlalte elemente nutritive. Între legea minimului şi legea maximului există o strânsă corelație, întrucât atunci când unul dintre elemente se află în maxim implicit altele rămân în minim.

6. Legea echilibrului nutritiv sau legea optimului este formulată de G. Liebscher, în 1885, astfel: **pe solurile cu textură mijlocie plantele utilizează factorul de vegetație aflat în minim cu atât mai mult cu cât ceilalți factori sunt mai apropiați nivelului optim** (după Rusu ş.a., 2005).

Raportul optim între elementele nutritive asigură o recoltă mai mare chiar dacă unul din factorii de vegetație se afla în minim. Dezechilibrele produse de concentrații neechilibrate între elementele nutritive pot provoca tulburări în metabolismul plantei manifestate prin scăderea recoltei, sensibilizarea la atacurile agenților patogeni.

7. Legea echilibrului dintre diferite organe ale plantelor este formulată astfel: **între diferitele organe ale unei plante trebuie să existe raporturi ponderale bine determinate, pentru a obține o recoltă maximă din punct de vedere cantitativ şi calitativ, corespunzător cu potențialul genetic de producție** (Davidescu ş.a., 1992).

Valoarea tehnico-economică a recoltei este dată de diferite părți sau organe ale plantei la care se adaugă şi aspectul calitativ care priveşte conținutul în proteine, hidrați de carbon, lipide, vitamine, săruri minerale etc.

Între partea aeriană şi sistemul radicular trebuie să existe un anumit raport pentru a realiza producția maximă. Raportul trebuie să fie în favoarea sistemului radicular sau a părților vegetative aeriene în funcție de consecințele directe asupra calității şi cantității părții comercializabile.

Acest echilibru se poate stabili pe mai multe căi şi se referă la cantitățile şi raportul dintre îngrăşămintele folosite.

8. Legea fertilității crescânde a solului

O seamă de cercetări (Wiliams, 1938, Prianişnicov, 1948, şi alții) au demonstrat că în cazul aplicării raționale a îngrăşămintelor, atunci când toți factorii de vegetație sunt în optim,

recolta poate creşte relativ continuu, fără ca solul să sufere. Utilizarea unei tehnologii superioare, dar şi a unui potențial genetic superior al plantei duce la creşterea relativ continua a recoltei prin amplificarea coeficientului de bioconversie energetică a îngrăşămintelor, prin sporirea dozelor. Această lege vine în contradicție cu legea fertilității descrescânde a solului, conform căreia *fiecare intervenție succesivă şi echivalentă* (a doua doză de îngrăşământ) *are totdeauna un efect mai mic* decât intervenția precedentă (prima doză) (Davidescu V, 2000).

9. Legea ierarhizării factorilor de vegetație limitativi ai producției şi prioritatea de intervenție în caz de restricție a unora din factorii de vegetație enunțată de David Davidescu şi Velicica Davidescu, în 1984, reprezintă un nou concept, o nouă lege în condițiile unei agriculturi intensive, poate fi formulată astfel: **"în caz de restricții a unor factori de vegetație (apa, hrana, lumina, temperatura etc.) se crează o anumită ierarhizare a importanței lor pentru creşterea şi dezvoltarea plantelor, corespunzător evoluției filogenetice şi a condițiilor mediului ambiant"** (D. Davidescu, 1984). Această lege a ierarhizării factorilor de vegetație nu se suprapune nici cu legea egalei importanțe a factorilor de vegetație şi nici cu cea a minimului, chimizarea fiind o componentă principală în agricultura intensivă, unde acționează îndeosebi legea ierarhizării factorilor de vegetație. (David Davidescu ş.a., 1992).

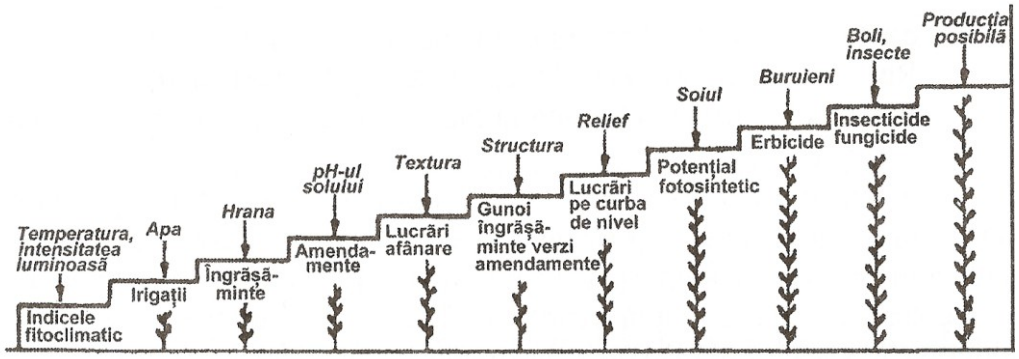


Fig. 2 Ierarhizarea factorilor de vegetație (după David şi Velicica Davidescu, 1984)

Primul factor restrictiv al producției în agricultura intensivă îl constituie **apa, atunci când** se face abstracție de temperatură şi intensitatea luminoasă. În caz de deficit de apă, nici ceilalți factori de vegetație, care pot fi în optim, nu acționează.

Al doilea factor restrictiv îl constitue **substanțele nutritive,** pe care planta le ia din sol sau din îngrăşămintele adăugate.

Dacă planta are apă în cantitate îndestulătoare, dar nu are hrană suficientă, ea se adaptează în ceea ce priveşte producţia la restricţiile impuse de acest factor şi nu atinge potenţialul genetic de producţie.

In al treilea rând, ca factor restrictiv al realizării de producţii ridicate, urmează **însuşirile fizice şi hidrofizice ale solului**. Un sol cu însuşiri fizice nefavorabile (compact, nedrenat, neaerat) nu permite valorificarea apei şi a îngrăşămintelor, chiar dacă acestea se găsesc în cantităţi corespunzătoare.

In al patrulea rând, se situează ca factor restrictiv al realizării producţiilor mari **"capacitatea (potenţialul) productivă a soiului"** sau a varietăţii hibride.

In al cincilea rând se situează **combaterea buruienilor şi dăunătorilor** (Davidescu D., Velicica Davidescu, 1992)**.**

10. Legea autoreglării biologice a culturilor agricole

Cerinţele înscrise în codul genetic al plantei trebuiesc satisfăcute prin tehnologia de cultură, altfel, planta citeşte condiţiile vitrege şi se reprogramează la condiţiile minime numai pentru perpetuarea speciei. S-a formulat următoarea **lege a autoreglării biologice:**

Când prin tehnologia de cultură unei comunităţi de plante nu i se asigură cerinţele faţă de factorii de mediu înscrise în codul genetic, privitoare la aprovizionarea cu apă, hrană, aer, bioxid de carbon, lumină, căldură, densitate, spaţiu de nutriţie, atunci această comunitate de plante, care prin sensorii biologici sesizează condiţiile pe care le are la dispoziţie prin factorii naturali sau prin tehnologia de cultură aplicată, îşi autoreglează prin procese de conexiune în mod etapizat, creşterea, dezvoltarea, fotosinteza, transpiraţia, indicele foliar, recolta, la condiţiile existente astfel încât să-şi asigure perpetuarea speciei, chiar dacă face un singur bob. (Davidescu D. şi Velicica Davidescu, 1988).

11. Legea moderării acţiunilor, enunţată de către Le Chatelier, legea lui Van't Hoff, legea moderării acţiunilor spune că **toate modificările în intensitate ale unui factor, care condiţionează echilibrul unui sistem, favorizează o reacţie care se opune la această modificare.** Cu alte cuvinte, toate acţiunile exercitate asupra unui sistem tind să producă o reacţie care se opune variaţiei produse de factorii în cauză, astfel încât acţiunea se manifestă din ce în ce mai moderat sau se anulează.

Legea **moderării acţiunilor** întreprinse asupra factorilor de vegetaţie, se manifestă mai puternic în tehnologiile culturilor intensive.

12.Unitatea legilor ştiinţifice ale sporirii şi menţinerii fertilităţii solului

Toate aceste principii, legi sau legităţi privind caracterizarea stării de fertilitate alcătuiesc un tot unitar. Recolta ridicată se obţine prin intervenţii simultane şi complexe asupra factorilor de vegetaţie, nu se poate interveni unilateral, iar problemele trebuie rezolvate în ansamblul lor prin intervenţii corespunzătoare.

TEST DE EVALUARE

1.Care este semnificaţia dată de *cada recoltei cu doage inegale* din reprezentarea grafică a legii minimului ?

Răspuns:

Mărimea recoltei este determinată de factorul care se găseşte în cea mai mică cantitate faţă de nevoile plantelor.

2. Care este legea privind sporirea şi menţinerea fertilităţii solului prin care se exprimă principiul lui Le Chatelier ?

Răspuns:

Exerciţii.

Exemplu rezolvat:

1.În ierarhizarea (prioritizarea de intervenţie) factorilor de vegetaţie, atunci când se face abstracţie de temperatură şi intensitatea luminoasă, primul factor restrictiv al producţiei în agricultura intensivă îl constituie:

a) substanţele nutritive

b) pH-ul solului

c) soiul cultivat

d) apa

e) textura solului

Rezolvare: d

De rezolvat:

2. Insuficienţa unuia din factorii de vegetaţie nu poate fi compensată prin aplicarea în exces a altora. Acest enunţ exprimă esenţa legii:

a) moderării acțiunilor

b) autoreglării biologice

c) fertilizării crescânde a solului

d) optimului

e) nesubstituirii factorilor de vegetație.

Rezolvare:

REZUMATUL TEMEI

Legile generale ale sporirii şi menținerii stării de fertilitate

1.Legea egalei importanțe a factorilor de vegetație

2. Legea nesubstituirii factorilor de vegetație

3.Legea interdependenței şi condiționării reciproce a factorilor de vegetație

4. Legea completării (restituirii) elementelor nutritive uşor accesibile luate cu recolta

5. Legea minimului şi a maximului.

5a). Legea minimului

5b). Legea maximului

6. Legea echilibrului nutritiv sau legea optimului

7. Legea echilibrului dintre diferite organe ale plantelor

8. Legea fertilității crescânde a solului.

9. Legea ierarhizării factorilor de vegetație limitativi ai producției şi prioritatea de intervenție în caz de restricție a unora din factorii de vegetație

10. Legea autoreglării biologice a culturilor agricole

11. Legea moderării acțiunilor

12.Unitatea legilor ştiințifice ale sporirii şi menținerii fertilității solului.

BAZELE AGROCHIMICE ALE FERTILIZĂRII ÎN RAPORT CU CERINȚELE PLANTELOR

Tema nr.2

Asimilarea elementelor nutritive. Fotosinteza şi respirația.

Unități de învațare:

- Fotosinteza plantelor.
- Respirația plantelor.

Obiectivele temei:

- Clasificarea factorilor de vegetație în factori climatici (lumina, concentrația de dioxid de carbon, temperatura, concentrația oxigenului) şi factori de nutriție (apa, elementele nutitive); stabilirea importanței factorii de vegetație asupra fotosintezei; studiul influenței factorilor interni şi externi asupra respirației.

Timpul alocat temei: 2 ore

Bibliografie recomandată:

1. Davidescu D.,Velicica Davidescu, 1981. *Agrochimia modernă*. Ed. Academiei RSR Bucureşti.
2. FAO, 2006. *Plant nutrition for food security,* Food and Agriculture Organization of the United Nations, Roma.
3. Madjar Roxana, 2008. *Agrochimie* – Planta şi solul. Ed. INVEL Multimedia, Bucureşti.
4. Madjar Roxana, Velicica Davidescu, 2009. *Agrochimie.* USAMVB, Facultatea de Horticultură, Învățământ la distanță, Bucureşti

2.1.Fotosinteza plantelor.

Plantele superioare sunt organisme autotrofe care îşi produc singure substanțele necesare creşterii şi dezvoltării lor din compuşii minerali.

Cel mai bine pot fi descrise procesele care au loc în plantă prin compararea acesteia cu un laborator în care are loc metabolizarea substanțelor absorbite. Planta este *fabrica* în care energia solară este folosită pentru transformarea CO_2 din atmosferă, în prezența apei, în compuşi organici (substanță uscată). Principalul obiectiv al cultivatorului este cum să manageriеze acesta fabrică pentru a maximiza producția cantitativ şi calitativ.

Planta transformă energia luminoasă în biomasă prin procesul de fotosinteză. Planta are nevoie de lumină suficientă, temperatură optimă, apă, CO_2, oxigen şi substanțe minerale. Deci planta consumă:

- ⇨ Energie luminoasă
- ⇨ Energie calorică
- ⇨ Apă
- ⇨ Elemente nutritive

Factorii de vegetație se pot restrânge în două grupe: **factori climatici** şi **factori de nutriție.**

Factorii climatici asigură asimilarea elementelor nutritive sub influența energiei luminoase, plantele realizează cel mai important proces din lumea vie - **FOTOSINTEZA.** Acesta este un proces de conversie a energiei luminoase în energie chimică, înmagazinată în moleculele produşilor sintetizați.

Fotosinteza este procesul de fixare a dioxidului de carbon din atmosferă de către plantele verzi (cu clorofilă), în prezența radiațiilor solare, cu eliminare de oxigen şi formare de compuşi organici (glucide, lipide, proteine) foarte variați.

Ecuația generală a acestui proces este:

$$\mathbf{6\ CO_2 + 12\ H_20 \xrightarrow{lumină} C_6H_{12}O_2\ (glucoză) + 6O_2}$$

Fotosinteza are mai multe etape: faza luminoasă şi faza obscură (de întuneric), fotosinteza fiind un sistem redox.

Fotosinteza este un proces complex în cadrul căruia putem distinge două tipuri de reacții:

a) *"reacții de lumina"* care sunt direct dependente de lumină şi asigură procesul fotochimic prin care energia luminoasă este convertită într-un compus bogat în energie (ATP) şi un reducător primar ($NADPH_2$);

b) *"reacții de întuneric"*, corespunzătoare fazei biochimice (metabolice), în cadrul căreia are loc reducerea CO_2 până la nivelul hidraților de carbon.

În sistemul redox H_2O prin fotoliză este descompusă cu ajutorul energiei solare. Sistemul redox care are loc este următorul:

1. donor de H^+

$$H_2O \xrightleftharpoons{lumina} H^+ + e^- + [OH^-]$$

$$2[OH^-] \longrightarrow H_2O + 1/2\ O_2$$

2. acceptor de H^+

$$CO_2 + 4H^+ \longrightarrow (HCOH) + H_2O$$

Plantele în procesul de asimilare a substanțelor şi transformare în diferiți compuşi organici au nevoie de aflux permanent de energie, comportându-se din acest punct de vedere ca nişte acumulatori care asimilează şi transformă energia luminoasă în produşi de sinteză, deci în energie chimică.

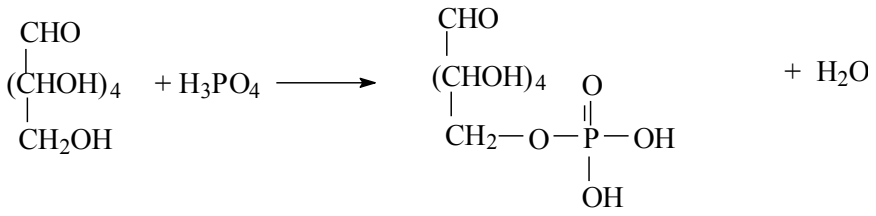
Energie luminoasă ⟶ produşi de sinteză ⟶ energie chimică

Energia se acumulează în organism în sisteme speciale care o pot apoi transforma prin reacții de oxido-reducere.

Transferul de energie şi elementele nutritive. Orice sinteză se face cu consum de energie. Energia necesară proceselor metabolice ale organismelor vegetale vii se obține în principal din două surse:

1. ***din compuşii fosforului*** bogați în energie (ATP, NADPH), care prin hidroliză enzimatică controlată eliberează între 7000-13000 de calorii pe moleculă. Transferul se face în timpul transfosforilării.

   În aceste reacții P joacă un rol important prin participarea în reacțiile de fosforilare, formând compuşi, precum gluco-fosfații, ATP (adenozintrifosfat), ADP (adenozindifosfat).



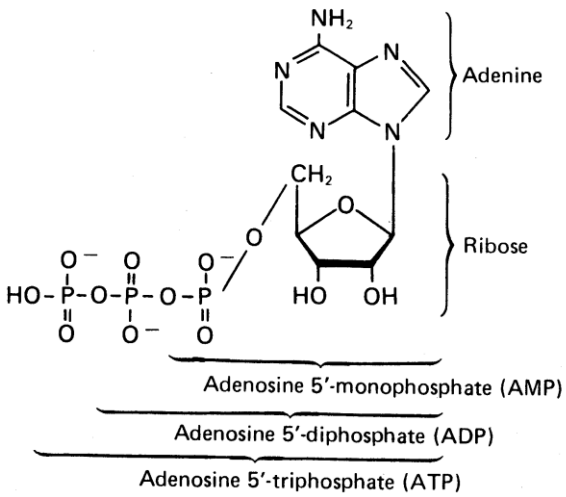


Fig.3 Compuşi ai fosforului bogați în energie ADP, ATP

2. ***din alte elemente, componente ale unor enzime*** sau ***activatori ai unor sisteme enzimatice.*** Numeroase elemente nutritive (Fe, Cu, Mn, Mg) participă la procesele de biosinteză, unele sub forma de cofactor în alcătuirea unor enzime (K, Na, Ca, Cl, P), iar altele participă la realizarea stării de echilibru din celulă, necesară în desfăşurarea normală a proceselor metabolice (K, Ca, Cl) sau la transportul şi depunerea substanțelor de rezervă (K, P). (după Davidescu, 1992).

Influența factorilor externi asupra fotosintezei

a) Influența luminii

Lumina poate influența fotosinteza prin intensitatea, calitatea şi durata ei. Fotosinteza nu este însă un fenomen de sensibilizare a protoplasmei, ci un fenomen fotochimic de transformare a energiei. Astfel, N. Salageanu determinând fotosinteza la aceeaşi frunză şi la intensități din ce în ce mai slabe de lumina a constatat faptul că fotosinteza are loc până la cele mai mici intensități ale luminii. Cunoaşterea valorii punctului de compensație prezinta o mare importanță deoarece sub acest nivel respirația predomină asupra asimilației, plantele nu mai produc substanțe organice, iar organismul trăieşte din rezervele sale. Supraviețuirea şi creşterea plantelor nu sunt posibile decât prin iluminarea câteva ore pe zi deasupra punctului de compensație.

În fotosinteză numai o cantitate mică de radiații solare este utilizată (Heller 1969), 1% sunt folosite în fotosinteză, restul de 10% sunt reflectate, 17% sunt radiații termice, 27% sunt transmise, 45% sunt folosite în transpirație.

Din energia luminoasă ajunsă pe suprafața cultivată cerealele folosesc pentru fotosinteza 0,16%, cartofii 0,2 %, culturile intensive 0,3-0,4%. Energia luminoasă are influență în procesele de respirație, transpirație, fructificare, fotoperiodism, germinație, utilizarea elementelor nutritive.

Valorificarea mai bună a energiei luminoase se poate face prin alegerea plantelor de cultură potrivit condițiilor ecologice date, îmbunătățirii condițiilor de nutriție, prin alegerea perioadei de semănat, orientarea rândurilor, stabilirea densității etc.

Intensitatea luminoasă constituie un factor de bază care influențează biosinteza hidraților de carbon, ca şi cel de absorbție a elementelor nutritive. Cercetările arată că intensitatea fotosintezei este maximă la lumina spectrală roşie (620-740 nm), urmată de cea albastră (450-500 nm). Sinteza glucidelor este maximă în lumina roşie, iar a proteinelor în cea albastră. (D. Davidescu şi Velicica Davidescu, 1992).

Plantele se mai clasifică în plante de ***zi lungă*** şi plante de ***zi scurtă***, plante ***iubitoare de lumină*** şi ***plante de semiumbră sau umbră.*** Intensitatea luminoasă puternică (la orele 13-14) cât şi cea scăzută încetinesc intensitatea fotosintezei, ceea ce se reflectă şi asupra absorbției elementelor nutritive din sol. Fiecare specie are nevoie de un anumit număr de ore de lumină, de o anumită lungime a zilei (fotoperiodism), cultivarea plantelor în zone necorespunzătoare, greşite din acest punct de vedere poate compromite recolta.

b) Influența concentrației dioxidului de carbon

Aerul este sursa de CO_2 necesar în desfăşurarea procesului de respirație. Aerația trebuie asigurată la nivelul rădăcinii. Concentrația CO_2 în sere intensifică fotosinteza şi măreşte producția. Pentru plantele terestre concentrația de CO_2 este unul dintre cei trei factori limitativi puşi în evidență de către F.Blackman. Exceptând iluminările foarte slabe (sub 1000 lucşi) şi temperaturile scăzute (sub 5°C), cantitatea de CO_2 din atmosferă (0,03%) este puternic limitată; nivelul optim al concentrației de CO_2 se situează către 0,1%, iar la concentrații mai mari de 2-5%, CO_2 devine toxic. N.Sălăgeanu a constatat că frunzele plantelor crescute în umbră au fotosinteza cea mai intensă la concentrații de 0,5 – 1% CO_2, iar cele crescute în plin soare, la 2-3% CO_2.

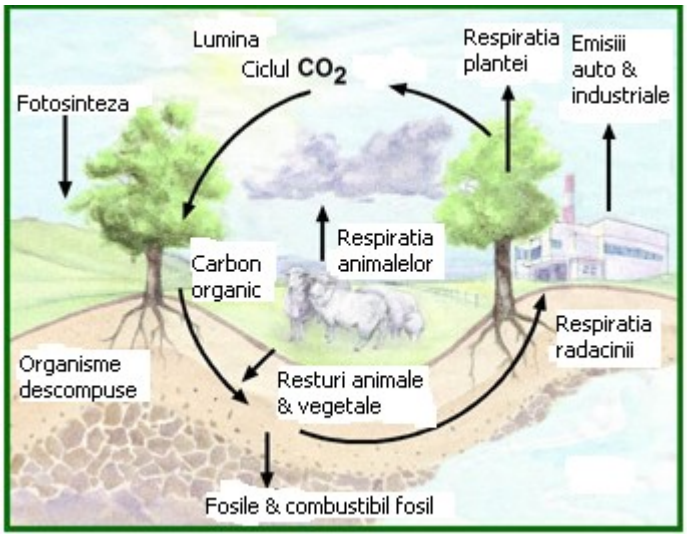


Fig. 4 Ciclul CO_2

(după Loveland Products, INC)

c) Influența temperaturii

Ca şi în cazul altor procese metabolice, se constată un efect pozitiv al temperaturii asupra fotosintezei pâna la 30ºC, după care se constată o acțiune depresivă, urmată de încetarea procesului către 45ºC. Intensitatea fotosintezei creşte odată cu temperatura, atingând nivelul optim la 30-35ºC apoi coboară rapid către zero la temperaturi de 40-45ºC. Partea fotochimică a fotosintezei este independentă de temperatură, în vreme ce partea biochimică, enzimatică este strict dependentă de temperatură.

Cu toate acestea există printre plante o mare varietate şi capacitate de adaptare la temperaturile extreme. Temperaturile minimă, optimă şi maximă a fotosintezei nu sunt fixe, ci diferă de la o specie la alta şi după proveniența plantelor. Astfel, cartoful, adaptat la regiuni mai reci are optimul fotosintezei la 30ºC, iar frunzele de tomate şi castraveți, plante de proveninţă sudică au optimul în jur de 40ºC.

d) Influența concentrației oxigenului

La lumină intensa fotosinteza scade o dată cu creşterea concentrației O_2 peste valorile normale de 21% din atmosferă. La plantele superioare terestre, prima observație referitoare la efectul oxigenului asupra fotosintezei a fost efectuată de McAlister la frunzele de grâu.

Oxigenul din atmosfera terestră normală exercită un puternic efect inhibitor asupra fotosintezei unor plante superioare terestre (grâu, secară, orz etc.). La toate aceste plante s-a constatat că la concentrația normală a oxigenului din atmosferă fotosinteza este micşorata cu 40-50%.

Influența factorilor de nutriție asupra fotosintezei

a) Apa este principala sursă de hidrogen în fotosinteză şi mediul de transport al elementelor nutritive, este substratul schimburilor vitale de substanțe din plante, asigură turgescența celulelor, menține echilibrul mecanic al diferitelor organe, menține o temperatură convenabilă în plantă. Pentru sinteza unui kg de substanță uscată (s.u.) se utilizează 500 litri apă, pentru 0,12 t/ha s.u. sunt necesari 5000-6000 m^3 apă de irigație sau 500-600 mm precipitații.

b) Influența nutriției asupra fotosintezei este dată de elemente precum, N, P, K, S, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu. Solul este sursa principală de elemente nutritive prin completare cu îngrăşăminte. Sistemul de nutriție dezechilibrat duce la consum irațional de energie. De exemplu, azotul aplicat în exces determină creşteri luxuriante şi deci un dezechilibru între masa vegetativă şi fructificare. Un raport armonios de elemente nutritive scade consumul de apă cu 20-30%. N şi P creează dezechilibru şi consum mare prin transpirație. K micşorează transpirația cu 26%, $MgCl_2$ cu 40-50%. De aceea, e necesară cunoaşterea particularităților de nutriție a fiecărei specii de plante.

2.2.Respirația plantelor

Este procesul fiziologic în care substanțele organice sunt descompuse pe cale enzimatică, prin reacții de oxido-reducere cu eliberare de energie chimică. Este un proces de mare însemnătate în viața plantelor deoarece furnizează energia necesară reacțiilor de sinteză a proteinelor, grăsimilor, de absorbție a elementelor nutritive din sol. Substanțele organice de rezervă sunt folosite potrivit cerințelor celulei pentru energie. Respirația este de 2 feluri: aerobă- aerobioza şi anaerobă- anaerobioza.

Respirația aerobă este specifică plantelor superioare şi unor plante inferiore care sunt adaptate să respire în prezența oxigenului molecular.

Respirația anaerobă este specifică speciilor de plante anaerobionte (microorganisme de fermentație care sunt capabile să respire în absența oxigenului molecular).

Mecanismul respirației

În procesul de respirație se consumă cantități mici de substanțe organice de rezervă care se găsesc în plante. În afară de amidon în celulele plantelor se găsesc numeroase

substanțe organice complexe care se consumă în proporții diferite. Prioritate prezintă glucidele, lipidele şi mai târziu proteinele. Respirația este un proces de oxido-reducere care se realizează cu sau fără oxigenul atmosferic.

Influența factorilor interni şi externi asupra respirației

Factorii **interni**:

- vârsta plantelor - la plantele tinere respirația decurge mai intens decât la plantele mai în vârstă;
- organul şi țesutul vegetativ - la plantele în stare de viață activă respirația este redusă (la rădăcină), însă prezintă o intensitate mai mare la tulpină şi frunze;
- cantitatea de rezerve naturale;
- activatorii şi inhibitorii enzimelor respiratorii (Fe, Cu, Mn, Zn, Co, care prezintă rol de coenzimă şi măresc intensitatea respirației celulare).

Dintre factorii **externi** care influențează procesul de respirație amintim: temperatura, lumina, umiditatea din sol şi aer, concentrația în oxigen şi CO_2 din mediu, diversele substanțe minerale din sol (nitrații, sulfații, sărurile de amoniu şi potasiu) şi acțiunea unor substanțe chimice (ierbicide, insecticide, fungicide, diverşi inhibitori şi îngrăşăminte chimice şi organice folosite în agricultură).

Formarea materiei organice este rezultatul, pe de o parte al fotosintezei, iar pe de altă parte al procesului de respirație. Producția de masă netă rezultată este dată de diferența dintre cele două procese:

FOTOSINTEZĂ (F) – RESPIRAȚIE (R) = g MASĂ VERDE (MV)

TEST DE EVALUARE

1. Sinteza căror substanțe de rezervă este maximă la lumină spectrală roşie?

Răspuns:

Intensitatea luminoasă constituie un factor de bază care influențează biosinteza hidraților de carbon, sinteza glucidelor este maximă în lumina spectrală roşie.

2.Sinteza căror substanțe este maximă la lumină spectrală albastră?

Răspuns:

Exerciții.

Exemplu rezolvat:

1.Prin fotosinteză plantele transformă:

a) Energie chimică în energie luminoasă

b) Energie chimică în produşi de sinteză

c) Energie luminoasă în energie chimică

d) Energie luminoasă în energie calorică

Rezolvare: c

De rezolvat:

2. În timpul fotosintezei în plantă au loc reacții cu eliberare de energie, acestea sunt reacții de:

a) carboxilare

b) hidroxilare

c) halogenare

d) fosforilare

Rezolvare:

REZUMATUL TEMEI

2.1.Fotosinteza plantelor

Factorii de vegetație se pot restrânge în două grupe: **factori climatici** şi **factori de nutriție.**

Influența factorilor externi asupra fotosintezei

a) Influența luminii

b) Influența concentrației dioxidului de carbon

c) Influența temperaturii

d) Influența concentrației oxigenului

Influența factorilor de nutriție asupra fotosintezei

a) Apa

b) Influența nutriției

2.2. Respirația plantelor

Respirația aerobă

Respirația anaerobă

Influența factorilor interni şi externi asupra respirației

Factori interni

Factori externi

Tema nr.3

Compoziția chimică a plantelor în legătură cu cerințele lor față de elementele nutritive

Unități de învațare:

- Compoziția chimică a plantelor.
- Clasificarea elementelor nutritive.
- Formele elementelor nutritive asimilate de către plantă.

Obiectivele temei:

- Pentru fundamentarea teoretică a măsurilor de fertilizare aplicate în scopul sporirii cantitative şi calitative a recoltelor se impune cunoaşterea naturii substanţelor, a conținutului în elemente nutritive, rolul lor în viața plantelor şi mecanismul de pătrundere al elementelor.

- Pornind de la rolul şi de la importanța elementelor în procesele de creştere şi dezvoltare, de la conținutul mediu al plantelor în elemente, după ponderea lor în plantă se face clasificarea elementelor nutritive ținând cont de criteriile enumerate.

- Stabilirea formele sub care nutrienții sunt preluați din sol de către plantă.

Timpul alocat temei: 2 ore

Bibliografie recomandată:

1. Davidescu D.,Velicica Davidescu, 1981. *Agrochimia modernă*. Ed. Academiei RSR Bucureşti.
2. FAO, 2006. *Plant nutrition for food security,* Food and Agriculture Organization of the United Nations, Roma.
3. Madjar Roxana, 2008. *Agrochimie* – Planta şi solul. Ed. INVEL Multimedia, Bucureşti.
4. Madjar Roxana, Velicica Davidescu, 2009. *Agrochimie.* USAMVB, Facultatea de Horticultură, Învățământ la distanță, Bucureşti

3.1.Compoziția chimică a plantelor

Pentru fundamentarea teoretică a măsurilor de fertilizare aplicate în scopul sporirii cantitative şi calitative a recoltelor se impune cunoaşterea naturii substanţelor, conținutului în elemente nutritive, rolul lor în viața plantelor, mecanismul de pătrundere al elementelor.

Planta verde conține în medie 85% apă, după îndepărtarea apei prin uscare se obține substanța uscată, ceea ce reprezintă aproximativ 45% carbon şi 45% oxigen, combinațiiele dintre C şi O reprezintă aproximativ 90% din biomasa plantei. Hidrogenul este cel de al

treilea element în ierarhie, cu un continut de 6,03% raportat la s.u. Este interesant faptul că elementele esențiale în metabolismul de creştere al plantei reprezintă combinații ce nu depăsesc 4% din greutatea totală a substanței uscate a plantei.

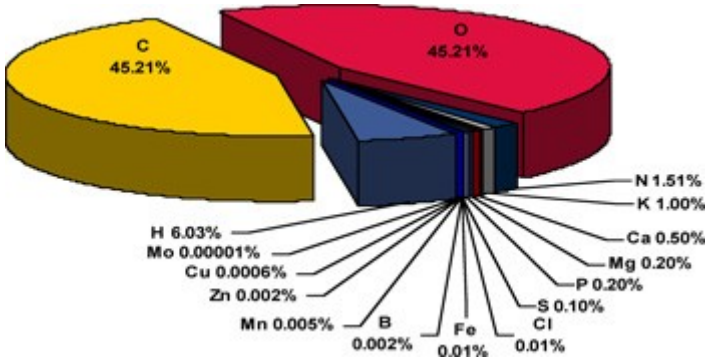


Fig. 5 Concentația determinată în s.u. a 16 elemente nutritive esențiale din plantă

(după Loveland Products, INC)

Substanțele care alcătuiesc compoziția plantelor sunt:

1. ***Apa*** care este componentul principal, cantitatea de apa din organismul vegetal variază între 80-95%, în raport cu vârsta, cu starea fiziologică, cu intensitatea metabolismului dar şi cu regiunea geografică. În general, țesuturile tinere conțin o cantitate de apa mai mare decât cele batrâne (5-25%). Apa se găseşte repartizată în organismele vegetale atât extracelular cât şi intracelular sub două stări: lichidă şi gazoasă. Apa lichidă în țesuturile plantelor se găseşte sub trei forme:
   - **apa legată**, de constituție, integrată în diferiți compuşi;
   - **apa liberă** sau soluția intracelulară, care are rol de solvent şi mediu de reacție pentru substanțe;
   - **apa biostructurală** aflată în biostructura materiei vii vegetale (Rusu ş.a., 2005).
2. ***Compuşi organici***, între 5-11%, cantitățile pe care le conțin diferă nu numai de la o specie la alta, ci chiar la aceeaşi plantă, în raport cu soiul, zona în care sunt cultivate, metodele de cultură folosite, aplicarea îngrăşămintelor. În compoziția plantelor cultivate intră:
   - **Substanțe organice fără azot :**
     - **glucide** care pot fi **monoglucidele** (glucoza, manoza, fructoza, sorboza)**, oligoglucide** (maltoză, celobioză, lactoză, zaharoză, trehaloză);

- **poliglucide (**celuloza şi hemiceluloza, amidonul, glicogenul), **substanțele pectice**;
- **lipidele simple** – gliceride, steride şi ceride, **complexe** (lipoide) – se găsesc în plante în proporție de 1-2 % sub formă de glicero-fosfolipide, sfingolipide, glicolipide, gluco-sulfolipide şi lipoproteine.

➢ **Substanțe organice cu azot :**

- **aminoacizii**, cele mai simple substanțe organice cu azot care se pot forma direct în procesul de fotosinteză;
- **proteinele simple** şi peptide care conțin 2-30 aminoacizi;
- **proteinele complexe** fosfoproteidele, glucoproteidele, nucleoproteidele şi cromoproteidele. Dintre diferitele substanțe proteice, în plante se mai găsesc : albumina, globulina, prolaminele.

➢ **Alte substanțe organice:**

- **pigmenți** (clorofila, carorenoide, antocianine)**, uleiurile eterice, răşinile, alcaloizii, taninurile, enzime, vitamine şi substanțe de creştere, substanțe cu caracter antibiotic**

3. ***Compuşi anorganici,*** săruri într-un conținut ce variază între 0,1-14% : nitrați, nitriți, cloruri, sulfați, fosfați etc.
4. ***Ioni liberi organici şi anorganici***: $RCOO^-$, $(COO)_2^{2-}$, K^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}, Fe^{2+} etc.

3.1.1. Compoziția chimică caracteristică a plantelor

Fiecare specie de plante are o compoziție chimică caracteristică diferențiată în raport cu specia, organul, vârsta, de aceea este necesară cunoaşterea compoziției elementare a plantelor. Pentru aceasta, după uscarea plantei (la 105°C) se elimină apa şi rezultă substanța uscată (5-25%) alcătuită din compuşi minerali şi organici. Prin calcinarea substanței uscate la 450- 550° C produşii organici sunt transformați în CO_2, SO_2, NH_3, H_2O, care se volatilizează şi rămâne reziduu mineral – cenuşa. Conținutul de cenuşă al plantelor variază cu specia, vârsta, organul, condițiile de mediu.

Cenuşa plantelor cultivate conține peste 60 de elemente, are caracter bazic (elementele se combină cu O rezultând K_2O, Na_2O, CaO, MgO care în soluție dau baze). Cenuşa conține cationi de K^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}, Fe^{2+}, Mn^{2+}, Cu^{2+}, Zn^{2+}, Na^+, Al^{3+} şi anioni HPO_4^{2-}, Cl^-, SO_4^{2-}, $H_2BO_3^-$.

3.1.2. Legătura dintre compoziția plantelor şi cea a scoarței terestre

În plantă elementele dominante sunt în număr de 17: C, H, O, N, P, K, Na, Ca, Mg, S, Fe, Mn, Cu, Zn, Mo, B, Cl şi reprezintă 99,95% din totalul elementelor minerale, iar frecvența acestora în scoarța terestră este de 87% (D. Davidescu, 1992).

Printr-o analiză asupra procentelor în care se găsesc elementele în plantă putem spune că C, H, O intră în proporție de 90%, N, P, K, S pe care plantele le iau din sol intră în proporție de 4,4%, Na, Ca, Mg, Cl, Si reprezintă 2,7%, iar microelementele (Mn, Cu, Zn, Mo, B) intră în cantitatea 0,2-0,3%.

Deci elementele N, P, K, S, Na, Ca, Mg, Cl, Si care reprezintă 7,4% (4,4 + 2,7 + 0,3) asimilate numai din sol au un rol tot atât de important ca şi cele 3 (C, H, O) care reprezintă aproximativ 90%.

Majoritatea elementelor sunt constituenți atât ai litosferei cât şi ai plantelor, nivelul de reprezentare este însă diferit din punct de vedere cantitativ, absorbția elementelor din sol fiind un proces selectiv caracteristic fiecărei specii de plante.

Diferențele cantitative între elementele nutritive din plantă sunt foarte mari, conținuturile relative în N şi Mo se află într-un raport de 10 000:1. Planta are nevoie de circa 40 de ori mai mult Mg decât Fe. Acest lucru indică diferența semnificativă asupra ponderii elementelor nutritive în plantă, fiind şi unul dintre criteriile de clasificare a elementelor nutritive.

3.2. Clasificarea elementelor nutritive

3.2.1. Clasificarea elementelor după rol

Pornind de la rolul şi de la importanța elementelor în procesele de creştere şi dezvoltare, ele pot fi clasificate în: ***elemente esențiale, elemente utile*** şi ***alte elemente.***

Elementele esențiale sunt absolut necesare pentru procesele de creştere şi reproducere a plantelor.

Elementele esențiale sunt:

- ***Macroelemente primare:*** C, H, O, N, P, K
- ***Macroelemente secundare:*** S, Ca, Mg se găsesc în sol în cantitate relativ suficiente, se folosesc îngrăşăminte când lipsesc formele asimilabile.
- ***Microelemente:*** Fe, Mn, B, Zn, Cu, Mo, Co sunt tot esențiale, se folosesc din îngrăşăminte în cantitate mai mică.

Elemente utile (Na, Al, Li, Si, Br, I, Se) prezența lor produce efecte favorabile creşterii plantelor, absența nu produce efect negativ sesizabil.

Alte elemente existența lor în plantă nu exercită nici un rol cunoscut până în prezent în procesele biologice.

3.2.2. Clasificarea elementelor după ponderea lor în plantă

După ponderea elementelor nutritive în plantă acestea se clasifica astfel (după Davidescu V., 2000):

- **Macroelemente $n.10^{-2} – n.10^{1}$ % s.u.**
  - **Primare: C, H, O, N, P, K**
  - **Secundare: S, Ca, Mg**

Macroelementele considerate esențiale trebuie să îndeplinească următoarele condiții:

- să se găsească în plantă în cantități mai mari de 10^{-2};
- să aibă rol direct în procesele de nutriție, creştere şi dezvoltare;
- absența lor din mediul nutritiv să impiedice dezvoltarea părților vegetative a organelor de reproducere şi încheierea ciclului vital;

- carența să fie specifică şi să poată fi corectată numai prin introducerea în mediul nutritiv a unor săruri ce conțin elementul respectiv (zeci de kg/ha);

- carența accentuată să provoace tulburări metabolice, citologice, histologice, anatomopatologice.

⇨ **Microelemente $n.10^{-6}$ – $n.10^{-2}$ % s.u.**

- **Fe, B, Cu, Zn, Mn, Mo, Cl**

Microelementele considerate esențiale trebuie să îndeplinească, la rândul lor următoarele condiții:

- conținutul în plantă să nu depăşească 0,01% raportat la substanța uscată;

- să aibă o acțiune strict specifică şi directă;

- lipsa sau insuficiența să împiedice îndeplinirea ciclului vegetal;

- carența să poată fi corectată prin cantități ce nu depăşesc 10 kg/ha raportat din substanța activă;

- să manifeste acțiune toxică dacă se depăşeşte un anumit prag optim;

- insuficiența lor în mediul nutritiv să provoace tulburări metabolice, citologice, histologice sau morfologice care duc la scăderea recoltei.

⇨ **Ultramicroelemente $n.10^{-12}$- $n.10^{-6}$ % s.u.**

- **Rb, Sn, Ni, Pb**

Sunt incluse elementele care prezintă radioactivitate, cu efect în stimularea creşterii şi dezvoltării plantelor, se aplică în doze foarte mici.

3.3. Formele elementelor nutritive asimilate de către plantă

Plantele preiau elementele nutritive din sol sub formă ionică şi într-o măsură foarte mică sub formă moleculară (C sub formă de CO_2, B sub formă de acid boric etc.). În tabelul 1 sunt date formele sub care nutrienții sunt preluați din sol de către plantă, precum şi ponderea acestora în % şi ppm din s.u.

Tabelul 1

Formele elementelor nutritive asimilate de către plantă

MACROELEMENTE			
Element	**SIMBOLUL CHIMIC**	**Forma sub care este preluat din sol de către plantă**	**Concentrația elementelor % din s.u.**
Carbon	**C**	CO_2	**45**
Hidrogen	**H**	H_2O	**6**
Oxigen	**O**	H_2O , O_2	**45**
Azot	**N**	NH_4^+ , NO_3^-	**1-5**
Fosfor	**P**	$H_2PO_4^-$, HPO_4^{2-}	**0,1-0,5**
Potasiu	**K**	K^+	**0,5-0,8**
Calciu	**Ca**	Ca^{2+}	**0,2-1**
Magneziu	**Mg**	Mg^{2+}	**0,1-0,4**
Sulf	**S**	SO_4^{2-}	**0,05-0,4**
MICROELEMENTE			
Element	**SIMBOLUL CHIMIC**	**Forma sub care este preluat din sol de către plantă**	**Concentrația elementelor ppm din s.u.**
Fier	**Fe**	Fe^{2+}, Fe^{3+}	**25-300**
Mangan	**Mn**	Mn^{2+}	**50**
Bor	**B**	H_3BO_3, $H_2BO_3^-$	**15-75**
Zinc	**Zn**	Zn^{2+}, $Zn(OH)_2$	**20**
Cupru	**Cu**	Cu^+, Cu^{2+}	**4-30**
Molibden	**Mo**	MoO_4^{2-}	**0,1- 5**
Clor	**Cl**	Cl^-	**100-2000**
Nichel	**Ni**	Ni^{2+}	**0,5**
Alte elemente esențiale pentru plante			
Siliciu	**Si**	$Si(OH)_4$	**0,1**
Sodiu	**Na**	Na^+	**0,01**
Cobalt	**Co**	Co^{2+}	**urme**
Vanadiu	**V**	V^+	**urme**

TEST DE EVALUARE

1. Care sunt elementele cu ponderea cea mai mare în compoziția chimică a plantei?

Răspuns:

Elementele cu ponderea cea mai mare în compoziția chimică a plantei sunt: C, H, O, N, P, K, numite macroelemente.

2. În ce concentrație se găsesc microelementele în compoziția chimică a plantei ?

Răspuns:

Exerciții.

Exemplu rezolvat:

1. Plantele asimilează cu precădere din sol formele de fier:

a) Fe^{2+}

b) Fe^{3+}

c) Fe din compuşi chelați

d) Fe_2O_3

Rezolvare: a

De rezolvat:

2. Plantele asimilează cu precădere din sol forma de cupru:

a) Cu^{+}

b) Cu^{2+}

c) CuS

d) Cu_2S

Rezolvare:

REZUMATUL TEMEI

3.1.Compoziția chimică a plantelor

1.Apa

2.Compuşi organici

a. Substanțe organice fără azot: glucide, poliglucide, lipide,

b. Substanțe organice cu azot: aminoacizi, proteine

c. Alte substanțe organice: pigmenți, uleiurile eterice, răşinile, alcaloizii, taninurile, enzime, vitamine şi substanțe de creştere, substanțe cu caracter antibiotic

3.Compuşi anorganici: nitrați, nitriți, cloruri, sulfați, fosfați etc.

4. Ioni liberi organici şi anorganici: $RCOO^-$, $(COO)_2^{2-}$, K^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}, Fe^{2+} etc.

3.1.1.Compoziția chimică caracteristică a plantelor

Cenuşa plantelor cultivate conține peste 60 de elemente, sub formă de cationi de K^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}, Fe^{2+}, Mn^{2+}, Cu^{2+}, Zn^{2+}, Na^+, Al^{3+} şi anioni HPO_4^{2-}, Cl^-, SO_4^{2-}, $H_2BO_3^-$.

3.1.2.Legătura dintre compoziția plantelor şi cea a scoarței terestre

În plantă elementele dominante sunt în număr de 17: C, H, O, N, P, K, Na, Ca, Mg, S, Fe, Mn, Cu, Zn, Mo, B, Cl şi reprezintă 99,95%.

În litosferă dintre elementele predominante pot fi considerate 15 elemente, care reprezintă 99,32%, de neînlocuit pentru plante sunt: O, C, H, N, P, K, Ca, Mg, Fe, S, iar indispensabile: Mn, Cu, Zn, Mo, B. Elementele N, P, K, S, Na, Ca, Mg, Cl, Si reprezintă 7,4% (4,4 + 2,7 + 0,3) şi sunt asimilate numai din sol având un rol tot atât de important ca şi C, H, O, care reprezintă aproximativ 90%.

3.2. Clasificarea elementelor nutritive

3.2.1.. Clasificarea elementelor după rol: esențiale, utile, alte elemente

3.2.2. Clasificarea elementelor după ponderea lor în plantă

Macroelemente $n.10^{-2} – n.10^{1}$ % s.u.

Primare: C, H, O, N, P, K

Secundare: S, Ca, Mg

Microelemente $n.10^{-6} – n.10^{-2}$ % s.u.

Fe, B, Cu, Zn, Mn, Mo, Cl

Ultramicroelemente $n.10^{-12}$- $n.10^{-6}$ % s.u.

Rb, Sn, Ni, Pb

3.3. Formele elementelor nutritive asimilate de către plantă

Plantele preiau elementele nutritive din sol sub formă ionică şi într-o măsură foarte mică sub formă moleculară.

Tema nr.4

Rolul elementelor nutritive în viața plantelor

Unități de învațare:

- Rolul elementelor nutritive în metabolismul plantei.

Obiectivele temei:

- Cunoaşterea proprietăților şi funcțiilor nutrienților plantei pentru elaborarea unui management eficient în creşterea şi dezvoltarea plantei.

Timpul alocat temei: 2 ore

Bibliografie recomandată:

1. Davidescu D.,Velicica Davidescu, 1981. *Agrochimia modernă*. Ed. Academiei RSR Bucureşti.
2. FAO, 2006. *Plant nutrition for food security,* Food and Agriculture Organization of the United Nations, Roma.
3. Madjar Roxana, 2008. *Agrochimie* – Planta şi solul. Ed. INVEL Multimedia, Bucureşti.
4. Madjar Roxana, Velicica Davidescu, 2009. *Agrochimie.* USAMVB, Facultatea de Horticultură, Învățământ la distanță, Bucureşti

Rolul elementelor nutritive în metabolismul plantei

Cunoştiințele privind proprietățile şi funcțiile nutrienților plantei conduc la elaborarea unui management eficient pentru creşterea şi dezvoltarea plantei. Elementele nutritive din soluția solului, direct accesibile, sunt preluate de către rădăcinile plantei, transportate în frunze şi folosite în funcție de rolul pe care îl joacă fiecare element în metabolismul plantei.

Tabelul 2

Funcțiile, mobilitatea în plantă şi simptome ale deficiențelor sau toxicității elementelor nutritive

(după Mengel, 1978 citat de D. Davidescu ş.a., 1984, Rusu ş.a., 2005, Amberger, 1974, citat de D.Davidescu ş.a., 1988)

Azot, N			
Funcție în plantă	Mobilitate în plantă	Simptome ale	
		deficiențelor	toxicității
➢ rol plastic ➢ constituent al clorofilei (pigmentul verde din frunze) ➢ intră în constituția tuturor proteinelor ➢ favorizează înmulțirea celulelor ➢ determină randamentul recoltelor ➢ elementul conducător al procesului de creştere ➢ constituent esențial al citoplasmei	➢ 2-4% din s.u ➢ absorbit de plante prin fixare atmosferică simbiotic de către leguminoase sau nesimbiotic, iar din sol este absorbit sub formă de ion nitrat (NO_3^-) şi ion amoniu (NH_4^+). ➢ N absorbit este transportat prin xilem (în tulpină) către frunză sub formă de ion nitrat, sau poate fi redus în zona radiculară şi transportat apoi în formă organică, de aminoacizi sau amide. ➢ N este mobil în plantă astfel că poate fi translocat din funzele bătrâne în cele tinere pentru a fi înmagazinat în semințe sau fructe. ➢ Formele organice ale N în seva din floem sunt reprezentate prin amide, aminoacizi şi ureide.	➢ efect asupra ratei de creştere. ➢ plantele rămân mici, ➢ constituția lor este firavă, ➢ ramificarea este slabă, ➢ suprafața frunzelor este mică. ➢ provoacă îngălbenirea sau clorozarea frunzelor ➢ îngălbenirea apare de obicei pe frunzele de la bază în timp ce frunzele din vărf rămân verzi datorită faptului că acestea primesc N prin translocare de la funzele bătrâne ➢ decolorarea începe de la vârful limbului si înaintează sub forma literei **V**. ➢ În cazul unei deficiențe severe, frunzele se brunifică şi mor. ➢ recolta şi conținutul în proteină sunt reduse.	➢ se exteriorizează prin creşterea luxuriantă a frunzelor, care capătă o colorație verde închis-albastru metalizat. ➢ perioada de vegetație a plantelor se prelungeşte şi este întârziată ajungerea la maturitate a recoltei. ➢ concentrații ridicate în NH_4^+ pot fi toxice pentru creşterea plantei, în special atunci când soluția solului este alcalină. ➢ excesul de $N\text{-}NO_3^-$ se manifestă prin etiolarea frunzelor, pierderea tugescenței, arsuri şi necroze marginale ale acestora.
Fosfor, P			
Funcție în plantă	Mobilitate în plantă	Simptome ale	
		deficiențelor	toxicității
➢ este esențial pentru creşterea plantelor, ➢ în diviziunea celulară,	➢ se găseşte în cantități mai mici în comparație cu N şi K, într-un raport al	➢ creşterea plantei este afectată de insuficiența în P, prin	➢ cantități ridicate de P în plantă pot produce

➢ în dezvoltarea sistemului radicular, ➢ în fructificare şi formarea seminţelor, ➢ în coacerea timpurie. ➢ este constituent în diferiţi compuşi precum uleiuri şi aminoacizi, ➢ este responsabil cu înmagazinarea energiei şi transportul acesteia în celulă fiind component în adenozindifosfat (ADP) şi adenozintrifosfat (ATP). ➢ intră în componenţa fosfolipidelor, are rol în metabolismul glucidelor.	concentraţie de 1:5 până la 1:10 faţă de conţinutul de N din plantă raportat la s.u. ➢ este absorbit ca ion o-fosfat, fie ca $H_2PO_4^-$ ori ca HPO_4^{2-}, în funcţie de pH-ul solului. ➢ dacă pH solului creşte, proporţia în forma $H_2PO_4^-$ scade iar forma HPO_4^{2-} creşte. ➢ P este foarte mobil în plantă (nu ca în sol) el circulă atât prin xilem cât şi prin floem. ➢ Atunci când planta suferă de insuficienţa în P, acesta este translocat foarte uşor din frunzele mature către ţesuturile tinere.	întârzierea creşterii, ramificarea este stânjenită, sistemul radicular nu se dezvoltă, iar coacerea este întârziată. ➢ Plantele afectate de carenţa în fosfor prezintă o pigmentare (antocian) roşie violacee a frunzelor şi tulpinilor. ➢ Apare o coloraţie verde-albăstruie-violacee spre roşiatică care poate conduce către nuanţe de bronz şi roşu. ➢ Simptomele deficienţei apar de obicei pe frunzele bătrâne. ➢ Insuficienţa în fosfat în cloroplaste reduce procesul de fotosinteză. ➢ Datorită faptului că sinteza acidului ribonucleic (ARN) este redusă, sinteza proteinelor este de asemenea redusă.	simptome de toxicitate, manifestate prin margini apoase ale ţesuturilor frunzei, care în timp se necrozează. ➢ în cazuri severe de toxicitate în P rezultă moartea plantei. ➢ excesul de P induce carenţe secundare în Zn .

Potasiu, K

Funcţie în plantă	Mobilitate în plantă	Simptome ale	
		deficienţelor	toxicităţii
➢ joacă un rol important în reglarea regimul hidric în celulă, cu rol în activitatea deschiderii stomatelor. ➢ rol în sinteza şi depunerea glucidelor. ➢ este responsabil cu activarea a peste 60 de enzime, ➢ implicat în procesul de fotosinteză şi în transportul şi stocarea substanţelor în organele de rezervă (seminţe, tuberculi, rădăcini şi fructe), conferă	➢ potasiul este cel de-al doilea element nutritiv ca abundenţă după N, este de 4-6 ori mai abundent decât macronutrienţi precum P, Ca, Mg şi S. ➢ K este absorbit sub formă de cation monovalent K^+ şi se deplaseaza prin floem în plantă.	➢ Simptomele generale ale deficienţei în K se manifestă prin cloroze de-a lungul marginilor frunzei, urmate de răsucirea şi brunificare vârfului. ➢ deficienţa în K este localizată pe frunzele de la bază, mai bătrâne datorită mobilităţii mari a K în plantă.	➢ Este un fenomen rar întâlnit, se manifestă mai ales prin asociere cu dezechilibrele determinate în nutriţia cu Ca şi Mg.

rezistență la boli, dăunători şi la păstrare.		➢ plantele afectate sunt oprite din creştere, cu internodii scurte; tulpina este firavă şi predispusă căderii; rezistența la boli şi dăunători scăzută; recoltă slabă, de calitate scăzută. ➢ slaba dezvoltare a plantelor duce şi la o rată ridicată a respirației, ceea ce însemnă consum mare de apă pe unitate de s.u. produsă.	

Calciu, Ca

Funcție în plantă	Mobilitate în plantă	Simptome ale	
		deficiențelor	toxicității
➢ Ca face parte din arhitectura pereților şi membranelor celulare. ➢ calciu este prezent în membrana pectică dă rezistența țesuturilor, implicat în maturarea fructelor. ➢ este implicat în diviziunea celulară, în creşterea în lungime a rădăcinii, în activarea sau inhibarea unor enzime. ➢ menține echilibrul acido-bazic în celulă, prin neutralizarea acizilor organici aflați în exces, dovada fiind cantitățile de oxalat de calciu acumulate în celulele mature. ➢ are un rol foarte importatnt în detoxifierea organismului plantei de alți ioni şi radicali care iau naştere în procesele de metabolism.	➢ Calciu alături de Mg, P şi S face parte din grupul macronutrienților cu aceeaşi pondere în plantă. ➢ este absorbit de către rădăcinile plantei sub formă de cation bivalent Ca^{2+}. ➢ spre deosebire de ceilați ioni, calciu este mai puțin mobil în plantă sau chiar imobil în floem. ➢ problemele generate de deficiența în Ca sunt de cele mai multe ori datorate inabilității Ca de a fi transportat prin floem. ➢ fructele sunt aprovizionate cu Ca^{+} în special în urma procesului de transpirație, care translocă Ca^{2+} direct din soluția solului ➢ dacă seva ce circulă prin xilem are un conținut scăzut în Ca^{2+} sau intensitatea transpirației este scăzută se creează condiții favorabile pentru aprovizionarea inadecvată a fructelor în acest element.	➢ deficinența în Ca se manifestă foarte diferit, ➢ frunzele devin mici, distorsionate, iau formă de cupă, încrețite şi au culoare verde închis, ➢ apare cloroza marginală a frunzelor, înnegrirea,încrețirea şi necroza frunzelor apicale (varză, salată), ➢ aspect marmorat al frunzelor (tomate), ➢ avortarea florilor, ➢ amăreala merelor *bitter pit*, ➢ dezvoltarea incompletă a semințelor, ➢ putrezirea vârfurilor apicale (tomate, ardei), ➢ înnegrirea inimii (conopidă), ➢ cilindrarea frunzelor terminale (grâu, orz)	➢ excesul de calciu declanşează carențe de K şi Mg la culturi, ➢ conținuturi mari de $CaCO_3$ activ în sol pot impiedica asimilarea Fe cu apariția în plantă a clorozei ferice sau ferocalcice frecvent semnalată la piersic şi vița de vie.

	➢	➢ creşterea încetează, plantele se răsucesc şi în caz de deficienţă severă mor.	

Magneziu, Mg

Funcţie în plantă	Mobilitate în plantă	Simptome ale	
		deficienţelor	toxicităţii
➢ Mg ocupă centrul moleculei de clorofilă, asfel este vital în procesul de fotosinteză. ➢ este asociat cu activarea unor enzime, ➢ favorizează absorbţia şi translocarea fosforului, ➢ este implicat în transferul de energie fiind implicat în mai multe reacţii de fosforilare, ➢ menţine echilibrul acido-bazic al celulei, ➢ favorizează producţia de proteine, metabolismul carbohidraţilor.	➢ Mg face parte din acelaţi grup cu Ca, P, şi S dacă ne referim la abundenţa lui în plantă. ➢ plantele preiau Mg sub formă de Mg^{2+}. ➢ Mg este un nutrient mobil în plantă. ➢ Datorită faptului că Mg este uşor translocat din organele bătrâne către cele tinere ale plantei, simptomele deficienţei apar în organele bătrâne ale plantei.	➢ un simptom tipic al deficienţei în Mg este cloroza între nervuri a frunzelor bătrâne, cloroze internervurale longitudinale, nervurile rămân verzi iar între acestea mezofilul se îngălbeneşte sau poate avea aspect marmorat. ➢ dacă deficienţa este severă, ţesuturile frunzelor capătă culoare galben-uniform, apoi se brunifică şi se necrozează. ➢ frunzele sunt mici şi se rup uşor, devin fragile. ➢ ramurile se rup uşor iar frunzele cad timpuriu. ➢ varietatea manifestării simptomelor diferă în funcţie de specie.	➢ este rar întâlnit ➢ pe solurile saline cu conţinut ridicat în sărurile acestui element poate fi considerat la fel de toxic ca şi Na şi mult mai toxic decât Ca, datorită fenomenului de antagonism cationic Ca/Mg. ➢ toxicitatea magneziului poate fi prevenită prin aplicarea unor amendamente cu calciu.

Sulf, S

Funcţie în plantă	Mobilitate în plantă	Simptome ale	
		deficienţelor	toxicităţii
➢ S intră în compoziţia aminoacizilor esenţiali: cisteină, cistină, metionină. ➢ este esenţial în sinteza proteinelor. ➢ S este implicat în formarea clorofilei şi	➢ Sulful este necesar plantelor în cantităţi comparabile cu cele de P. ➢ cantitatea totală normală în ţesutul vegetal este de 0,12-0,35% iar, raportul	➢ În multe cazuri manifestările simptomelor de deficienţă în S seamănă cu cele în N. ➢ spre deosebire de simptomele	➢ excesul S poate provoca în condiţii reducătoare puternice cantităţi mari de acid sulfhidric (H_2S).

în activarea unor enzime. ➢ este parte a unor vitamine ca biotina şi tiamina (B_1) şi este necesar în formarea unor uleiuri din plantele de muştar, a unor legături sulfhidrice existente în ceapă şi în diverse uleiuri.	între N_{total}/S_{total} este în jur de 15. ➢ rădăcinile plantei absoarb S sub formă de ion sulfat (SO_4^{2-}) ➢ planta absorbe S din atmosferă sub formă de SO_2 în concentrații foarte mici. ➢ mobilitatea S este mică neputând fi translocat atunci când este prezent în compuşi de structură. ➢ există mobilitate şi translocare a S către frunzele tinere doar când acesta se găseşte sub formă de sulfat.	deficienței în N, la S manifestarea apare pe frunzele tinere din partea superioară a plantei, ajunse la maturitate. ➢ culoarea limbului şi a nervurilor devine verde-gălbuie, culoarea galbenă nu este aşa de accentuată ca în cazul carenței în N. ➢ nervurile frunzelor, în special din partea superioară, capătă uneori o culoare mai deschisă decît țesuturile învecinate ➢ plantele cu deficiență în S sunt mici şi firave cu tulpina scurtă şi fragilă. ➢ maturitatea la cereale este întârziată. ➢ insuficiența sulfului afectează accesibilitatea molibdenului, element esențial în fixarea biologică a azotului. ➢ numărul nodozităților la leguminoase este mic şi implicit fixarea N atmosferic este redusă. ➢ fructele nu ajung la maturitate şi rămân de culoare verde deschis. ➢ formarea uleiurilor în semințe este redusă în cazul unei deficiențe în S, iar producția scade. ➢ carența în sulf duce la scăderea aminoacizilor din cereale.	➢ plantele sunt sensibile la concentarții mari de SO_2 în atmosferă, astfel se consideră concentrații normale în SO_2, valori cuprinse între 0,1-0,2 mg SO_2/m^3, apar efecte toxice la valori care depăşesc concentrația de 0,6 mg SO_2/m^3. ➢ simptomele toxicității în S se manifestă prin pete necrotice pe frunze, care apoi se întind pe întreaga suprafață a limbului frunzei.

<table>
<tr><th colspan="4">Fier, Fe</th></tr>
<tr><td rowspan="2">Funcție în plantă</td><td rowspan="2">Mobilitate în plantă</td><td colspan="2">Simptome ale</td></tr>
<tr><td>deficiențelor</td><td>toxicității</td></tr>
<tr><td>➢ are rol în sinteza clorofilei, carbohidraților, respirația celulei, reducerea chimică a nitratului şi în asimilarea N.
➢ Fe are rol în sinteza auxinelor, care în caz de carență în fier nu se mai formează ceea ce are ca efect încetinirea sau oprirea creşterii rădăcinilor.</td><td>➢ este absorbit de către rădăcinile plantei sub forma de Fe^{2+} şi foarte puțin sub formă de chelați cu Fe.
➢ Fe absorbit este imobil în floem.
➢ dintre micronutrienți, Fe se găseşte în cantitatea cea mai mare, aproximativ 100 ppm raportat la s.u.</td><td>➢ se manifesta pe frunzele tinere.
➢ de multe ori simptomele seamănă cu cele în Mn, atât lipsa Mn cât şi a Fe scade producerea clorofilei.
➢ îngălbenirea suprafeței dintre nervurile frunzei cauzată de lipsa fierului este numită *cloroză ferică.*
➢ în caz de deficiență severă frunzele devin albicioase prin piederea clorofilei.
➢ nu întotdeauna cloroza are drept cauză insuficiența în Fe^{2+}, ci poate fi o carență indusă de prezența în exces a $CaCO_3$ în sol, de un dezechilibru provocat de N şi P în exces.</td><td>➢ frunzele sunt acoperite inițial cu spoturi maronii care cu timpul capătă o culoare maro uniformă.
➢ excesul în fier se manifestă pe soluri acide şi cu exces de umiditate unde conținutul în Fe solubil poate creşte de la 0,1 la 50-100 ppm doar în câteva săptămâni.</td></tr>
<tr><th colspan="4">Mangan, Mn</th></tr>
<tr><td rowspan="2">Funcție în plantă</td><td rowspan="2">Mobilitate în plantă</td><td colspan="2">Simptome ale</td></tr>
<tr><td>deficiențelor</td><td>toxicității</td></tr>
<tr><td>➢ este cunoscut faptul că este activator al unor enzime şi are funcția de catalizator în unele reacții.
➢ este esențial în ruperea moleculei de apă în procesul de fotosinteză,
➢ implicat în sinteza proteinelor şi lipidelor.
➢ este important în metabolismul N şi în</td><td>➢ este absorbit de către plantă sub formă de cation bivalent Mn^{2+}.
➢ la fel ca şi Fe este imobilizat în floem.</td><td>➢ simptomele deficienței în Mn sunt asemănătoare cu cele ale Fe şi Mg, în sensul că duc la apariția clorozei pe suprafața dintre nervurile frunzelor, cu deosebirea că în cazul Mn simptomele sunt vizibile pe frunzele tinere în timp ce în</td><td>➢ se manifestă prin pete brun închis (MnO_2) în special pe frunzele bătrâne.
➢ simptome cauzate de toxicitatea în Mn sunt: necrozarea cartofilor, necrozarea scoarței pomilor fructiferi, în</td></tr>
</table>

asimilarea CO_2.		cazul deficienței în Mg acestea apar pe frunzele bătrâne.	speacial a mărului.

Zinc, Zn

Funcție în plantă	Mobilitate în plantă	Simptome ale	
		deficiențelor	toxicității
➢ Zn este necesar, direct sau indirect, activării mai multor sisteme enzimatice, are rol protector pentru auxine (activează sinteza triptofanului, produs intermediar în obținerea auxinei) ➢ este implicat în sinteza proteinelor, în formarea semințelor şi în atingerea maturării. ➢ Zn este promotor în sinteza ARN ➢ Zn participă la formarea ATP, iar în caz de carență în Zn se acumulează fosforul anorganic, cu o slabă formare a ATP. ➢ Zn est implicat în reducerea nitraților, în caz de carență în Zn scade activitatea ribonucleazei, în plantă se acumulează nitrați, amide, acizi organici, care nu pot fi oxidați.	➢ Zincul este preluat de către plantă sub formă de cation bivalent Zn^{2+}, absorbția considerată pasivă a fost de curând indicată ca fiind activă, dependentă energetic. ➢ mobilitatea Zn este mică, apare în special în țesuturile tinere ale plantei, totuşi Zn nu se leagă sub formă de liganzi stabili în lichidul din xilem aşa cum se întâmplă în cazul Cu şi Fe.	➢ oprirea din creştere a plantei, ➢ decolorarea în verde-deschis, până la îngălbenire urmată de albire. ➢ în cazul pomilor fructiferi ramificarea este compromisă, frunzele mici fiind un alt simptom al deficienței în Zn, ➢ internodiile sunt scurte, ➢ înflorirea, fructificarea şi maturarea pot fi întârziate. ➢ ramificarea fiind îngreunată frunzele cad prematur. ➢ deficientele apar ca o *cloroza* în zonele intervenale ale frunzelor noi producând o aparență de benzi. ➢ marginile frunzelor sunt adesea distorsionate şi încrețite. ➢ Zn este blocat de un pH ridicat. ➢ poate produce şi *"rosetting"*, aspectul de tufă al plantelor, tulpina are ritm de creştere scăzut astfel încât frunzele terminale apar îngrămădite.	➢ excesul de Zn este foarte toxic şi va cauza o moarte rapidă. ➢ se manifestă prin încetinirea creşterii sistemului radicular. ➢ se consideră toxic atunci când se depăşeşte în țesut un conținut de 200 ppm Zn.

Cupru, Cu

Funcție în plantă	Mobilitate în plantă	Simptome ale	
		deficiențelor	toxicității
➢ are rol în metabolismul vegetal, ➢ este implicat în formarea clorofilei, ➢ 70% din cuprul total din frunze este localizat în proteinele complexe din cloroplaste, ceea ce arată că este necesar în fotosinteză, ➢ este component al unor metaloproteine ➢ constituent al unor enzime ca citocromoxidaza. ➢ are rol în procesele de oxidoreducere, ➢ participă la formarea ligninei ➢ este necesar în fixarea simbiotică a N.	➢ Cuprul este absorbit de plantă sub formă de Cu^{2+}. ➢ mobilitatea Cu în plantă este mică şi depinde foarte mult de forma în care se găseşte în plantă.	➢ sunt vizibile prin decolorare, răsucire şi albirea vârfurilor frunzei. ➢ la pomii fructiferi se cunoaşte aşa numita boală *exanthema* exteriorizată prin coajă rugoasă, frunze albite şi fructificare slabă. ➢ la mazăre, se produce îngălbenirea suprafeței dintre nervurile frunzei ➢ la citrice frunzele se pătează, afectând ramurile tinere.	➢ excesul în Cu induce deficiența în Fe şi implicit *cloroza ferică*.

Bor, B

Funcție în plantă	Mobilitate în plantă	Simptome ale	
		deficiențelor	toxicității
➢ Rolul B este de a realiza integritatea membranei celulare şi dezvoltarea pereților celulari, care afectează permeabilitatea, diviziunea celulară. ➢ B este unul din micronutrienții vitali în formarea şi dezvoltarea fructelor şi semințelor. ➢ Anumite funcții ale borului în plante sunt similare cu cele ale N, P, K, Ca şi Zn. ➢ B are rol în asimilarea N. ➢ borul influențeaza absorbția calciului şi echilibrul nutritiv al acestuia în plante. ➢ este vital pentru zonele din plante cu o creştere intensivă, cum ar fi vârfurile rădăcinilor, frunzele nou aparute şi în dezvoltarea mugurilor.	➢ Borul este absorbit de către plante sub formă de acid boric nedisociat (H_3BO_3) sau sub formă de ion borat $H_2BO_3^-$. ➢ cea mai mare cantitate de B este preluată odată cu apa de către rădăcini. ➢ B se absoarbe foarte rapid şi dacă este în exces se acumulează în mugurii terminali şi în părțile tinere aflate în creştere. ➢ seceta limitează disponibilitatea borului din cauza reducerii transportului de apă în sol, modalitatea prin care borul este transportat spre rădăcini. ➢ deficiența în B apare de obicei în rădăcinile, lăstarii şi frunzele tinere. ➢ la unele specii, nivelurile deficienței de bor pot fi de 3-4 ori mai mari în frunzele	➢ apar târziu în vegetație, moment în care nu mai pot fi corectate, consecința fiind compromiterea unei bune părți a recoltei. ➢ apar atunci cand nivelul borului în frunze este sub 20 ppm. ➢ carența în bor provoacă distrugera apexului terminal al tulpinii principale, ceea ce duce la dezvoltarea lăstarilor secundari. ➢ la sfecla de zahăr simptomele carenței apar târziu în sezon, la baza coletului, pețiolul frunzelor din rozetă se	➢ apar pe fondul aplicărilor excesive a îngrăşămintelor cu B, în zone aride sau semiaride, acolo unde apa de irigare are un conținut ridicat în B (mai mare de 1-2 ppmB). ➢ îngălbenirea vârfului frunzei, urmată de necrozare graduată a vârfurilor şi a marginilor care se întinde până la nervura principală. ➢ frunzele se usucă şi pot cădea timpuriu.

➢ îmbunătățeste transportul zaharurilor din frunze în fructe şi tuberculi. ➢ este esențial în furnizarea zaharurilor necesare creşterii rădăcinilor şi pentru dezvoltarea normală a nodozităților leguminoaselor. ➢ ajută la creşterea producției de flori, la lungirea şi germinarea tuburilor cu polen. ➢ Este cunoscut pentru proprietățile antifungice, studiile arătând că sfecla de zahăr tratată cu bor este mult mai puțin sensibilă la infecția cu *Sclerotium rolfsii* decât plantele netratate.	tinere față de cele bătrâne.	brunifică, brunificarea avansează în rădăcină, atacând țesutul şi producând aşa numita *putrezire a inimii* sfeclei de zahăr. Aceste rădăcini au conținut scăzut de zaharoză. ➢ provoacă putregaiul cenuşiu la conopidă. ➢ la pomii fructiferi deficiențele apar în principal la fructe (pătarea cafenie a caiselor), însă pot afecta şi ramurile tinere care se usucă.	

Molibden, Mo

Funcție în plantă	Mobilitate în plantă	Simptome ale	
		deficiențelor	toxicității
➢ Mo este implicat în unele sisteme enzimatice, în special în activarea nitrat reductazei, unde este necesar pentru reducerea nitratului şi a nitrogenazei implicate în fixarea biologică a N. ➢ Mo este implicat direct în sinteza proteinelor, în fixarea N de către leguminoase.	➢ Molibdenul este absorbit sub formă de anion MoO_4^{2-}. ➢ mobilitatea Mo este considerată a fi moderată, sugerată de altfel de conținutul relativ mare al semințelor şi de apariția simptomelor de carență pe frunzele mature şi bătrâne.	➢ în legume poate fi asociată cu deficiența în N datorită rolului acestuia în fixarea N. ➢ poate cauza arsuri şi răsucirea sau rularea marginilor frunzei, îngălbenirea şi oprirea din creştere a plantelor. ➢ apariția petelor galbene de pe citrice, ➢ clorozarea şi apoi albirea marginilor frunzelor la plantele tinere de conopidă, aşa numita *whiptail*, manifestate în special pe soluri acide cu pH sub 5,5.	➢ un conținut mai mare de 5 ppm Mo în s.u. în furaje este considetat toxic pentru hrana animalelor fiind asociat cu producerea bolii numită *otrăvirea cu molibden*.

Cobalt, Co

Funcție în plantă	Mobilitate în plantă	Simptome ale	
		deficiențelor	toxicității

➢ este esențial pentru fixarea N de către organisme. ➢ intră în componența vitaminei B_{12}.	➢ Co este absorbit sub formă de cation bivalent Co^{2+}	➢ deficiența împiedică fixarea azotului simbiotic şi nesimbiotic. ➢ conținuturi între 20 şi 40 ppb sunt considerate pentru legume ca fiind limita apariției simptomelor de deficiență în Co. ➢ conținuturi sub 5 ppm în furaje provoacă *acobaltoza* la animale	➢ in caz de exces apar pete brune, necroze pe frunze.

TEST DE EVALUARE

1. Care este rolul fosforului în metabolismul plantei?

Răspuns:

Fosforul este esențial pentru creşterea plantelor, în diviziunea celulară, în dezvoltarea sistemului radicular, în fructificare şi formarea semințelor, în coacerea timpurie. Este constituent în diferiți compuşi precum uleiuri şi aminoacizi, intră în componența fosfolipidelor, are rol în metabolismul glucidelor. P este responsabil cu înmagazinarea energiei şi transportul acesteia în celulă fiind component în adenozindifosfat (ADP) şi adenozintrifosfat (ATP).

2. Care este rolul azotului în metabolismul plantei?

Răspuns:

Exerciții.

Exemplu rezolvat:

1. Sulful joacă rol în plantă în:

a) Sinteza auxinelor

b) Sinteza lipidelor

c) Sinteza unor aminoacizi esențiali

d) Sinteza glucidelor

Rezolvare: c

De rezolvat:

2. Rolul zincului în plantă:

a) Activează sinteza cisteinei

b) Activează sinteza triptofanului

c) Activează sinteza cistinei

d) Activează sinteza metioninei

Rezolvare:

REZUMATUL TEMEI

Rolul elementelor nutritive în metabolismul plantelor.

Funcțiile, mobilitatea în plantă şi simptome ale deficiențelor sau toxicității elementelor nutritive

Macroelemente: N, P, K (primare), Ca, Mg, S (secundare)

Microelemente: Fe, Mn, Zn, Cu, B, Mo, Co

Tema nr.5

Stările de nutriție la plantele cultivate

Unități de învațare:

- Starile de aprovizionare a plantelor cu elemente nutritive.
- Cerințele plantelor în substanțe nutritive în raport cu vârsta şi fazele de vegetație.
- Consumul de elemente nutritive la plantele cultivate.

Obiectivele temei:

- Stabilirea corelației între creştere plantelor, în sens de recoltă, şi concentrația în elemente nutritive în plantele cultivate.

- Importanța modificarii consumului de elemente nutritive în cursul vegetației asupra nutriției plantelor.

Timpul alocat temei: 2 ore

Bibliografie recomandată:

1. Davidescu D.,Velicica Davidescu, 1981. *Agrochimia modernă*. Ed. Academiei RSR Bucureşti.
2. FAO, 2006. *Plant nutrition for food security,* Food and Agriculture Organization of the United Nations, Roma.
3. Madjar Roxana, 2008. *Agrochimie* – Planta şi solul. Ed. INVEL Multimedia, Bucureşti.
4. Madjar Roxana, Velicica Davidescu, 2009. *Agrochimie.* USAMVB, Facultatea de Horticultură, Învățământ la distanță, Bucureşti

5.1. Starile de aprovizionare a plantelor cu elemente nutritive

Cercetările întreprinse au arătat că există o dependență a creşterii plantelor, în sens de recoltă, biomasă obținută şi concentrația în elemente nutritive în plantele cultivate. Această dependență este ilustrată de curba lui Prevost şi Ollangnier, în anul 1954. Se pot deosebi următoarele stări ale gradului de aprovizionare cu elemente nutritive: carență, insuficiență, limita inferioară a stării normale numită nivel critic, starea normală, abundență, exces şi toxicitate.

Carența sau **deficiența acută** reprezintă efectul unei insuficiențe accentuate sau a lipsei din mediu nutritiv a unui element. Această stare de nutriție are influență asupra creşterii şi

dezvoltării cu efecte negative în desfăşurarea normală a proceselor fiziologice şi biochimice. Dereglarile proceselor biochimice şi fiziologice sunt ireversibile în caz de carență.

Deficiența acută se **exteriorizează** sub forma unor simptome relativ specifice pe părțile vegetative (frunze, tulpini, fructe). Au fost denumite "boli" de nutriție sau boli neparazitare, deoarece nu sunt provocate de un agent patogen, pot apărea confuzii generate de faptul că anumite semne exterioare provocate de carențe sunt asemănătoare cu unele cauzate de accidente climatice, agenți fitopatogeni sau dăunători. (Davidescu V., 2000)

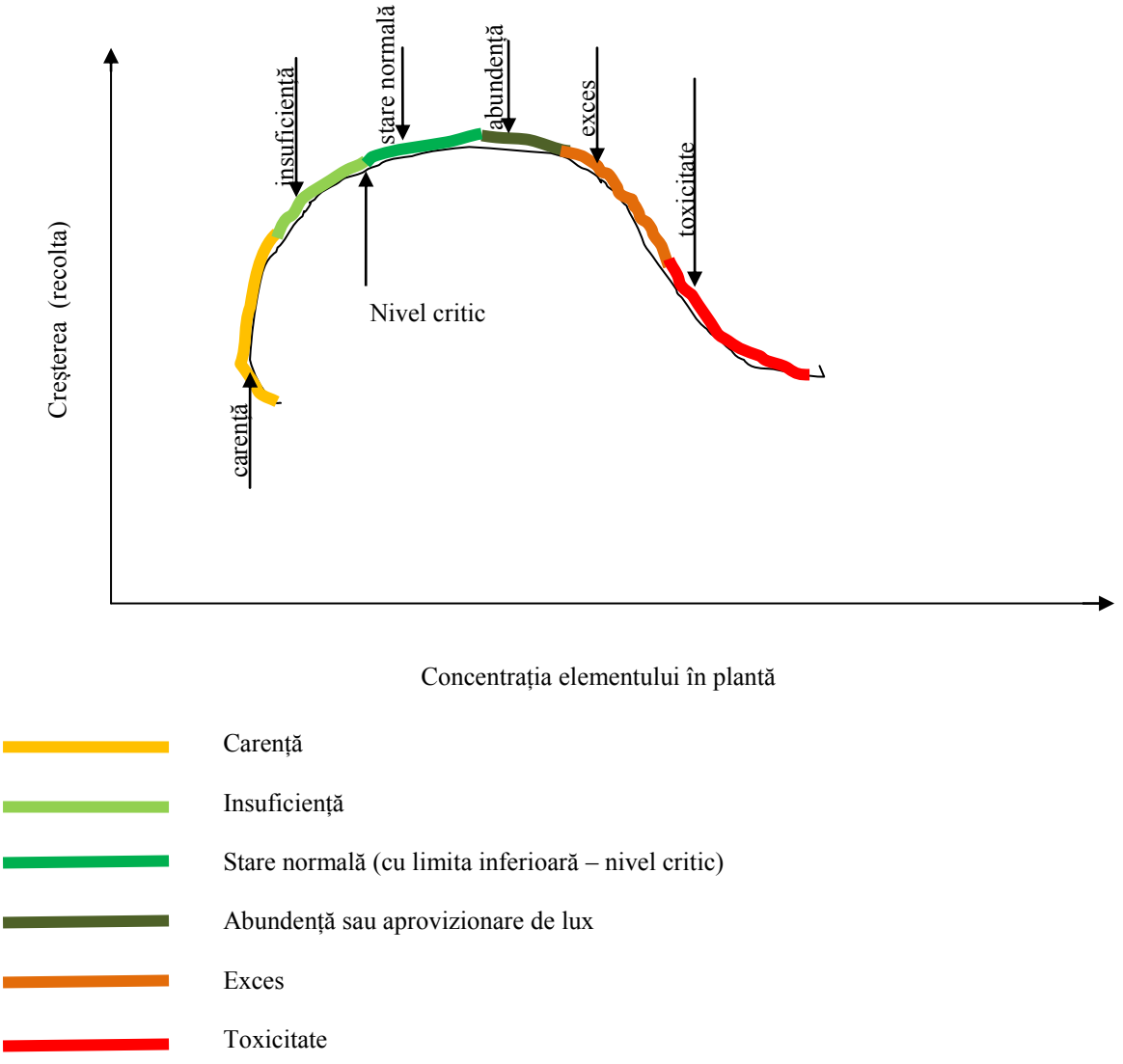


Fig. 6 Curba stărilor de nutriție la plantele cultivate (după Prevost şi Ollagnier)

Insuficiența sau **deficiența latentă** este starea de nutriție în care organele vegetative sunt aprovizionate nesatisfăcător cu un element, ceea ce afectează o dezvoltare normală şi în final recolta. În cazul insuficienței numită şi **carență ascunsă**, identificabilă numai prin analize chimice, nu apar simptome vizibile ale deficienței, apar modificări care provoacă schimbări de ordin fiziologic şi scăderea recoltei.

Nivelul critic este starea sau concentrația care marchează trecerea de la insuficiență la starea normală, reprezintă limita cea mai scăzută a concentrației unui element la care recolta începe să descrească (Ulrich, 1952).

Starea normală este dată de concentrația şi raportul echilibrat dintre principalele elemente nutritive în cursul perioadei de vegetație, care corespunde cu optimul de aprovizionare cu elemente nutritive, şi care corelează cu o recoltă ridicată şi de calitate.

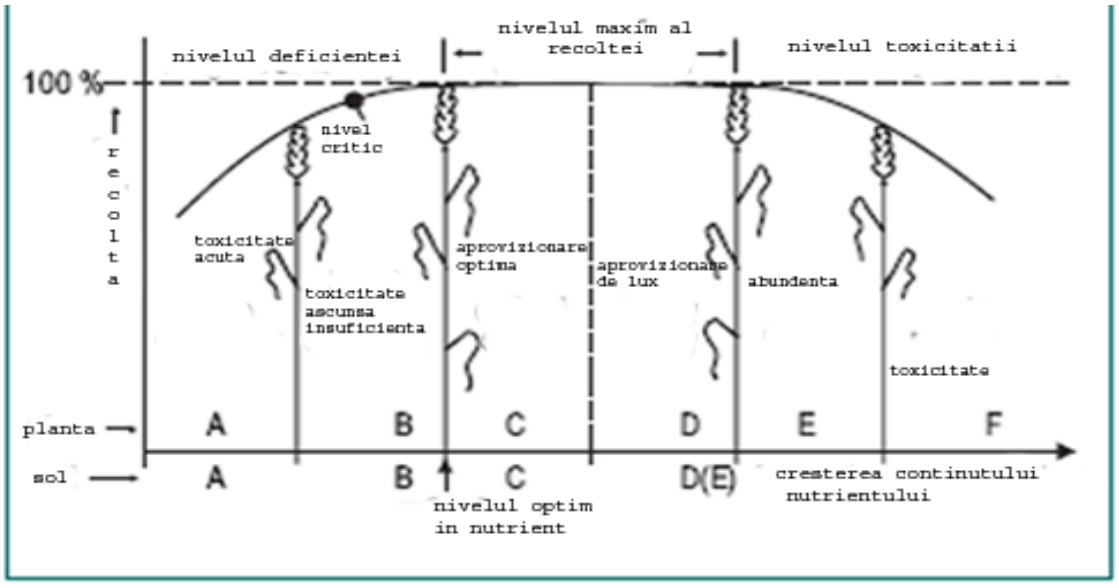


Fig. 7 Dependența creşterii plantelor şi a recoltei în funcție de aprovizionarea în elemente nutritive (după Finck, 1992)

Abundența denumită şi **aprovizionare de lux** sau **consum de lux** este starea de nutriție în care concentrația într-un anumit element depăşeşte nivelul critic, fără a produce însă efecte toxice, dar şi fără efect asupra sporirii producției. Granița între starea normală şi apovizionarea de

lux este greu de stabilit. Există şi efecte pozitive privind calitatea recoltei la cereale printr-un conținut ridicat în proteine.

Excesul sau **toxicitate ascunsă** sau **uşoară** este starea de nutriție în care concentrația unui element depăşeşte un anumit nivel, ceea ce produce tulburări fiziologice, histochimice şi modifică raportul dintre partea vegetativă şi fructificare, simptomele nu sunt vizibile, creşterea concentrației nutrientului până la concentrația toxică critică duce la scădera recoltei ca efect al surplusului de nutrient sau a substanțelor toxice rezultate din dezechilibrul proceselor biochimice. De exemplu, folosirea de doze mari de îngăşăminte cu azot duce la acumularea în exces a azotului nitric la spanac, salată, hrişcă, care poate deveni dăunător pentru cei ce consumă aceste produse (Davidescu V., 2000).

Toxicitatea reprezină **aprovizionarea în exces,** survine atunci când concentrația unui anumit element provoacă în celule procese ireversibile care împiedică desfăşurarea metabolismului normal, provocând moartea celulei. Simptomele toxicității sunt vizibile, planta este oprită din creştere, recolta este slabă şi de calitate scăzută, rezistența plantelor la boli şi dăunători scade, planta poate muri. Astfel de concentrații trebuiesc evitate indiferent de nutrient.

5.2. Cerințele plantelor în substanțe nutritive în raport cu vârsta şi fazele de vegetație

Ritmul de asimilare a elementelor din sol este influențat de factorii de mediu (apă, temperatură, intensitate luminoasă), de raportul dintre ele (N:P:K:Ca:Mg), echilibrat sau neechilibrat (exces, carență). În viața plantelor distingem ciclul anual de vegetație, iar în cadrul acestuia avem fazele de vegetație (fenofazele). Din punct de vedere al vârstei distingem:

Vârsta **ontogenetică** – de la apariția din sămânță până la un moment dat; vârsta **facultativă** la plantele ce se înmulțesc pe cale vegetativă şi care începe din momentul detaşării butaşului de pe planta mamă până la un moment dat.

La plantele anuale ciclul de vegetație durează 1 an şi el se suprapune cu fazele de vegetație. La plantele perene ciclul de vegetație este multianual, fazele de vegetație se repetă anual. În timpul ciclului de vegetație distingem perioadele de vârsta, *perioada de creştere vegetativă* în care se formează țesuturi noi, N – prelungeşte vegetația, *perioada de fructificare*

necesită P, Zn, Cu, Mn, Mo, *perioada de maturitate şi declin* în care se acumulează şi se depun substanţele de rezervă, perioada necesită P, K, B.

Din punct de vedere al nutriţiei în cursul vegetaţiei apare o modificare a consumului de elemente nutritive astfel:

- ⇨ ***Perioade critice de nutriţie*** sunt acelea cînd lipsa sau insuficienţa sau raportul nearmonios între elemente are repercusiuni asupra creşterii şi dezvoltării plantelor.
- ⇨ ***Perioade de consum maxim*** sunt acelea în care plantele acumulează cea mai mare cantitate de elemente nutritive într-un timp accelerat.
- ⇨ ***Perioada eficienţei maxime*** în care se sintetizează maximum de s.u. în substanţele de rezervă, în care aplicarea unui îngrăşământ prezintă eficienţă maximă.
- ⇨ ***Perioada descreşterii consumului*** are loc în fenofaza maturării fructelor, consumul începe să scadă.

La plantele cultivate, **principalele fenofaze corespunzătoare diferitelor perioade critice ale nutriţiei** sunt descrise în tabelul 3:

Tabelul 3

Perioadele critice de nutriţie la diferite plante

(după Davidescu V., 2000)

Planta cultivată	Principalele fenofaze corespunzătoare diferitelor perioade critice de nutriţie
Grâu	Răsărirea, apariţia frunzei a treia (P), înfrăţirea (N), intrarea în burduf (N) (apariţia primului nod) şi înspicarea (P şi K)
Porumb	Răsărirea, apariţia frunzei a treia (N şi P), apariţia a 50% din numărul de frunze, începutul apariţiei paniculului, mătăsirea (N şi P);
Floarea soarelui	Răsărirea, apariţia primei perechi de frunze adevărate, începutul formării inflorescenţei, înflorirea;
Sfeclă de zahăr	Răsărirea, apariţia perechii a 2-a şi a 3-a de frunze, începutul îngroşării rădăcinii şi începutul depunerii intense a zahărului în rădăcină;
Cartof	Apariţia perechilor 2-4 de frunze, apariţia inflorescenţei şi începutul înfloririi;
Tomate	Apariţia primei frunze adevărate, începutul formării bobocilor florali, înflorirea, începutul coacerii fructelor din primul etaj;
Castraveţi	Prima pereche de frunze adevărate, începutul formării bobocilor florali, înflorirea, legarea;
Pomi roditori	Desfacerea mugurilor şi începutul creşterii lăstarilor, creşterea intensă a lăstarilor, înflorirea, legarea şi creşterea fructelor, încetinirea şi încetarea creşterii lăstarilor, diferenţierea mugurilor de rod din mugurii vegetativi, maturarea lemnului şi a ţesuturilor;
Viţa de vie pe rod	Plânsul, desfacerea mugurilor, creşterea intensă a lăstarilor, începutul înfloririi, legarea boabelor, creşterea boabelor.

5.3. Consumul de elemente nutritive la plantele cultivate

Cantitatea de elemente nutritive extrase odată cu recolta diferă cu specia, soiul, volumul recoltei, condițiile de mediu. Din acest punct de vedere, **cerealele** consumă în primul rând N, apoi Ca, Mg şi K şi după aceea P, S, Zn, Mn; **rădăcinoasele** şi **tuberculiferele** au exigențe mai mari față de N şi K; **leguminoasele pentru boabe** au cerințe mai mari pentru N, şi apoi pentru Ca. Plantele ce acumulează zaharuri (**sfeclă de zahăr, vita de vie**) au cerințe ridicate şi aproape egale față de N, K, după care, în ordine descrescândă se situează Ca, Mg, S, P, B; **plantele textile** au exigențe mari față de K urmat de Ca şi N; cele **oleaginoase** consumă în cantitate mare K, după care se situează N; **legumele** au exigențe diferite, în raport cu partea care se comercializează, **frunzoasele** în N şi K, **bulboasele** în K, apoi N, urmat de S şi P, **vărzoasele** în N, K apoi în P, **solano-fructoasele** au exigențe în primul rând în K apoi în N şi după aceea în Ca, P, Mg, S; **gramineele furajere** au cerințe mari față de K, N, urmate de Ca, Mg şi de P, S (Davidescu V., 2000).

TEST DE EVALUARE

1. Care sunt stările gradului de aprovizionare cu elemente nutritive la plantele cultivate ilustrate în curba Prevost şi Ollangnier?

Răspuns:

Se pot deosebi următoarele stări ale gradului de aprovizionare cu elemente nutritive: carență, insuficiență, limita inferioară a stării normale numită nivel critic, starea normală, abundență, exces şi toxicitate.

2.Care sunt fazele critice de nutriție la grâu?

Răspuns:

Exerciții.

Exemplu rezolvat:

1. Stările de nutriția se ordonează în funcție de creşterea concentrației elementului în plantă astfel:

a) Carență, insuficiență, starea normală, abundență, exces, toxicitate

b) Toxicitate, exces, abundență, stare normală, insuficiență, carență

c) Abundență, exces, toxicitate, carență, insuficiență, stare normală

d) Stare normală, insuficiență, carență, abundență, toxicitate

Rezolvare: a

De rezolvat:

2. Fazele critice de nutriție la porumb sunt:

a) Răsărirea, apariția frunzei a treia , înfrățirea, intrarea în burduf (apariția primului nod) şi înspicarea

b) Răsărirea, apariția frunzei a treia, apariția a 50% din numărul de frunze, începutul apariției paniculului, mătăsirea

c) Răsărirea, apariția primei perechi de frunze adevărate, începutul formării inflorescenței, înflorirea;

d) Răsărirea, apariția perechii, a 2-a şi a 3-a de frunze, începutul îngroşării rădăcinii şi începutul depunerii intense a zahărului în rădăcină.

Rezolvare:

REZUMATUL TEMEI

5.1.. Stările de aprovizionare a plantelor cu elemente nutritive.

Curba stărilor de nutriție la plantele cultivate (după Prevost şi Ollagnier)

Carență, insuficiență, stare normală (cu limita inferioară - nivel critic), abundență (aprovizionare de lux), exces, toxicitate

5.2. Cerințele plantelor în substanțe nutritive în raport cu vârsta şi fazele de vegetație

Din punct de vedere al nutriției în cursul vegetației distingem: perioade critice de nutriție, de consum maxim, perioada eficienței maxime şi perioada descreşterii consumului.

5.3. Consumul de elemente nutritive la plantele cultivate

Legumele au exigențe diferite, în raport cu partea care se comercializează, **frunzoasele** în N şi K, **bulboasele** în K, apoi N, urmat de S şi P, **vărzoasele** în N, K apoi în P, **solano-fructoasele** au exigențe în primul rând în K apoi în N şi după aceea în Ca, P, Mg, S;

Tema nr.6

Absorbția radiculară a elementelor nutritive

Unități de învațare:

- Mecanismul absorbției radiculare a elementelor nutritive.
- Interacțiunea ionilor din mediu nutritive.

Obiectivele temei:

- Stabilirea mecanismelor de absorbție a nutrienților de către plantă.

- Cunoaşterea proceselor de interacțiune a ionilor din mediu de nutriție.

Timpul alocat temei: 2 ore

Bibliografie recomandată:

1. Davidescu D.,Velicica Davidescu, 1981. *Agrochimia modernă*. Ed. Academiei RSR Bucureşti.
2. FAO, 2006. *Plant nutrition for food security,* Food and Agriculture Organization of the United Nations, Roma.
3. Madjar Roxana, 2008. *Agrochimie* – Planta şi solul. Ed. INVEL Multimedia, Bucureşti.
4. Madjar Roxana, Velicica Davidescu, 2009. *Agrochimie.* USAMVB, Facultatea de Horticultură, Învățământ la distanță, Bucureşti

6.1. Mecanismul absorbției radiculare a elementelor nutritive

Absorbția nutrienților de către plantă prin rădăcină reprezintă un proces complex, care se desfăşoară la nivelul membranei celulare prin mecanismele absorbției care au loc la un moment dat cu consum de energie şi care intercondiționează cu:

- **metabolismul plantei** (fotosinteza, respirația, formarea acizilor organici, a glucidelor şi a proteinelor, activitatea enzimatică);
- **factorii de mediu** (lumină, temperatură, aprovizionarea cu apă);
- **însuşirile solului** (pH, textură, structură, capacitatea de schimb cationic, gradul de saturație în baze, conținutul în argilă şi humus etc.);
- **tehnologia de cultură**.

Sistemul de acțiune rădăcină – sol – soluția solului reprezintă circuitul absorbției radiculare în interacțiunea sa cu mediu nutritiv**.** Trebuie reținut că metabolismul substanțelor minerale cuprinde de fapt două faze şi anume: absorbția (asimilația) şi desorbția (dezasimilația), ca urmare a acțiunii reciproce dintre rădăcini, sol şi soluția solului (Davidescu V., 2000).

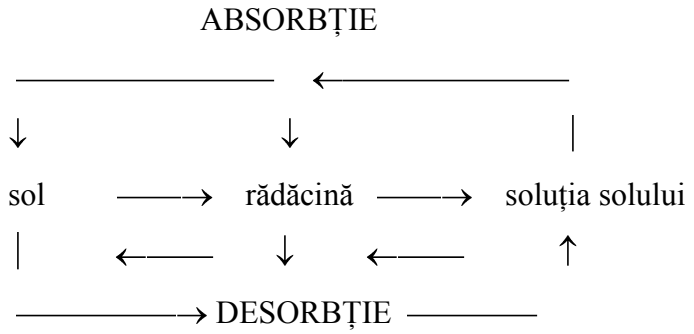


Fig. 8 Asimilația şi dezasimilația elementelor nutritive în sistemul rădăcină-sol-soluția solului (după Davidescu V., 2000)

Plantele absorb elementele nutritive sub următoarele forme:

- substante minerale disociate sub formă de ioni minerali: anioni şi cationi;
- substanțe minerale nedisociate, sub formă moleculară în cantitate foarte mică;
- compuşi organo-minerali sub formă de chelați cu ion metalic central;
- compuşi organici (acizi humici, aminoacizi etc.).

Sistemul radicular, rolul său în relația sol - plantă. Rădăcina are două funcții esențiale:

- Funcție **mecanică**
- Funcție de **aprovizionare cu apă şi elemente nutritive**

Funcția mecanică a rădăcinii. Constă în ancorarea plantei în sol în special cu ajutorul rădăcinilor secundare laterale şi a celor lignificate. Fixarea plantei în sol prin sistemul radicular este atât de puternică încât poate avea rol în fixarea unor terenuri şi combaterea eroziunii.

Funcția de aprovizionare este foarte importantă, se face pe seama rădăcinilor tinere, a perişorilor absorbanți. Funcția de aprovizionare începe de la 5°C în sol până la 45 °C,

temperatura optimă de absorbție fiind de 25-30 °C. La unele plante perene această activitate nu încetează nici iarna sub 5 °C.

Funcția de aprovizionare a rădăcinii depinde de o serie de factori precum aerația şi temperatura solului, starea de aprovizionare cu apă şi elemente nutritive, capacitatea de schimb cationic a rădăcinii care variază cu specia, la aceştia se adaugă o serie de factori care țin cont de particularitățile rădăcinii:

- ***Morfologia rădăcinii.*** Fiecare specie de plantă are o morfologie proprie. Răspândirea sistemului radicular în sol e dependentă de specie, profilul solului, succesiunea orizonturilor cu textură diferită, bogăția lor în elemente nutritive (sistemul de fertilizare).
- ***Masa radiculară.*** Variabilă cu specia, se exprimă în raport cu partea aeriană.
- ***Suprafața radiculară.*** Are rol preponderent în absorbția apei şi a substanțelor nutritive. Activitatea suprafeței radiculare are loc pe seama perişorilor radiculari a căror lungime variază determinând volumul de sol explorat. Fertilizarea are efect asupra dezvoltării sistemului radicular.

Deplasarea elementelor nutritive către suprafața rădăcinii se poate face prin:

a. Curgere liberă

Curgerea liberă reprezintă mişcarea apei din sol şi a nutrienților dizolvați în soluția solului către rădăcină. Diferența de presiune a apei din interiorul şi din exteriorul plantei este dată de pierderea apei prin frunze (transpirația). Acestă diferență de presiune creată în rădăcină este egalizată prin deplasarea fluxului de apă către rădăcină.

Curgerea liberă este importantă în accesibilitatea formelor solubile de macro- şi micro-nutrienți în plantă.

b. Interceptare directă

Interceptarea directă a ionilor de către rădăcini se realizează odată cu creşterea rădăcinii, aceasta intră în contact cu ionii reținuți prin sarcini electrostatice la suprafața complexului argilo-humic sau organo-mineral. Este important în acest proces ca nutrienții să aibă activitate ionică scăzută. De exemplu, Cu şi Fe au activitate scăzută la un pH normal al rădăcinilor şi sunt găsiți în cantitate mică în soluția solului în formă solubilă. Ei sunt reținuți prin sarcini electrice la

suprafața complexului adsorbtiv. În acest caz, interceptarea directă se realizează odată cu creşterea rădăcinii, aceasta intră în contact cu ionii reținuți fizico-chimic la suprafața coloizilor solului.

Fig. 9 Deplasarea apei şi a elementelor nutritive prin curgere liberă

(după Loveland Products – INC, 2008)

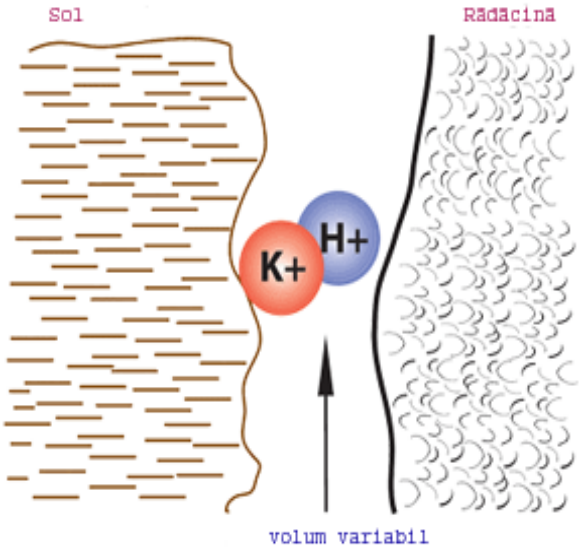


Fig. 10 Interceptarea directă a ionilor de către rădăcini

(după Loveland Products – INC, 2008)

c. Difuzie

Difuzia constă în deplasarea ionilor de la o concentrație mai mare la o concentrație mai mică a acestora în soluția solului. Difuzia este caracteristică şi se realizează în special pentru ionii cu activitate energetică ridicată. Deplasarea prin difuzie este caracteristică pentru ionii de potasiu, mangan, zinc şi într-o mai mică măsură pentru fier.

evaporarea apei prin deschiderea stomatelor
transportul apei si a nutrientilor prin difuzie
deschiderea stomatei (detaliu)
apa este absorbita de către perisorii rădăcinii

Fig. 11 Deplasarea ionilor prin difuzie

(după Loveland Products – INC, 2008)

Nutrienții sunt absorbiți prin cele trei mecanisme descrise mai sus: interceptare directă, curgere liberă şi difuzie, ionii fiind absorbiți, într-un procent diferit, în funcție de caracteristicile ionului, de pH-ul solului, de tipul de reținere la suprafața coloizilor, de solubilitatea şi forma sub care se găsesc în soluția solului.

Tabelul 4

Aprovizionarea relativă (%) a rădăcinii cu nutrienți

(după diferiți autori citați de Rusu, 2005 şi Davidescu D., 1992)

Aprovizionarea relativă, %, a rădăcinii cu nutrienți			
Nutrient	**Interceptarea ionilor**	**Cugere liberă**	**Difuzie**
Azot	**1**	**79**	**20**
Fosfor	**3**	**6**	**91**
Potasiu	**10**	**5**	**85**
Calciu	**28**	**72**	**-**
Magneziu	**13**	**87**	**-**
Sulf	**5**	**95**	**-**
Mangan	**15**	**5**	**80**
Zinc	**20**	**20**	**60**
Fier	**50**	**10**	**40**
Cupru	**70**	**20**	**10**
Bor	**?**	**65**	**?**
Molibden	**5**	**95**	**-**

În general elementele care sunt mai puțin mobile şi absorbția lor depinde de interceptare şi/sau difuzie trebuie să se găsească în apropierea rădăcinilor, în rizosferă. Elementele care sunt absorbite prin difuzie sunt predispuse la pierdere prin levigare, disponibilitatea lor este limitată în cazul solului uscat.

Mecanisme de transport şi absorbție în plante. Absorbția are 3 faze:

1. ***Absorbția pasivă***
2. ***Pătrunderea prin membrană***
3. ***Absorbția activă***

1. Absorbția pasivă se face fără consum de energie. Pereții epidermei celulelor rădăcinii conțin substanțe pectice şi fibre de natură celulozică. La partea interioară a membranei, la limita cu plasmalema, substanțele pectice şi fibrele celulozice sunt metabolic inactive. Față de săruri componentele membranei se comportă diferit: în mediu apos substanțele pectice se comportă ca un sistem *Donnan (mediu de difuzie),* iar fibrele celulozice se comportă ca un mediu absorbant. Se constituie *spațiul liber aparent* care are un volum de 8-10% din totalul celulelor radiculare. Absorbția pasivă constă în trecerea ionilor din soluția solului, din vecinătatea perişorilor radiculari, în *spațiul liber aparent*. Se face pe 3 căi, descrise mai sus, la deplasarea elementelor nutritive către rădăcinile plantei:

- *Curgere liberă* sol-rădăcină;
- *Interceptarea ionilor* de către rădăcină în timpul creşterii;
- *Difuziune ionilor* sol-rădăcină.

Difuziunea ionilor depinde de: mobilitatea şi concentrația ionilor, umiditatea solului, capacitatea de reținere a solului. Difuziunea se face de la concentrație ridicată spre zone cu concentrație scăzută. Transpirația plantei influențează concentrația, determinând diferențe de presiune.

Concluzionând, absorbția pasivă constă în **difuziunea ionilor** din soluția din vecinătatea perişorilor radiculari în spațiul liber aparent (Arnon, 1975). Are loc **fără cheltuială de energie** din partea plantei, este influențată de concentrația ionilor din soluție şi de interacțiunea dintre ioni.

Gradientul hidrostatic şi cel osmotic al sucului celular sunt considerați factori pasivi, **transportul ionilor şi al moleculelor de apă realizându-se ca urmare a diferenței de presiune şi de concentrație ce rezultă în urma procesului de transpirație sau a unor reacții chimice.**

2. Pătrunderea prin membrană este datorată **particularităților de structură** a membranei celulare şi **capacității de reținere şi schimb a rădăcinii.** Membrana celulară are o structură bistratificată formată din două clase de compuşi, **lipide** şi **protide,** cu diferite aranjamente, care fac ca fiecare specie de plante să aibă o membrană specifică.

- **Lipidele** sunt molecule liniare, bipolare, cu un capăt hidrofil şi altul hidrofob.
- **Protidele** au configuraţie globulară, iar în funcţie de aminoacizii constituenţi lasă libere sarcini + sau – .

Între lipidele şi proteinele din membrană există o interacţiune dată atât de caracterul forţelor hidrofobe, care predomină la capătul nepolar al moleculelor, dar şi de aranjamentele bistratificate dintre proteine şi lipide.

Capacitatea de reţinere şi schimb cationic a suprafeţei radiculare. Suprafaţa membranei are o sarcină electrică negativă care-i dă o anumită capacitate de reţinere şi de schimb cationic (tabelul 5), care diferă cu specia.

Tabelul 5

Capacitatea de schimb cationic a suprafeţei radiculare la diferite plante

(după diferiţi autori citaţi de Davidescu V., 2000).

Planta	me/100 g s.u.	Planta	me/100 g s.u.
Cereale	9 - 26	Leguminoase	40 -70
Grâu	9	Tomate	35
Orz	12	Pomi	50 - 60
Porumb	17	Viţa de vie	60 - 70
Ovaz	23	Solanacee	30 - 40
Rădăcinoase	50	Cartofi	38

Această capacitate de schimb cationic nu este la fel pe tot parcursul rădăcinii; este mai puternică în zona de creştere a rădăcinii, acolo unde apar perişorii radiculari.

Rădăcina absoarbe apă şi elemente nutritive şi elimină elemente (ioni încărcaţi pozitiv H^+, ioni încărcaţi negativ Cl^-) şi substanţe organice. Absorbţia ionilor are loc pe bază de schimb.

- În schimbul ionilor de H^+ eliminaţi de citoplasmă se absorb cationi (Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^+, NH_4^+), şi are loc şi o scădere a potenţialului electric al membranei;
- În schimbul ionilor de OH^- eliminaţi de plantă se absorb anioni (NO_3^-, PO_4^{3-}) şi are loc o creştere a potenţialului electric.

Măsurarea potenţialului electric al membranei celulare a rădăcinii permite aprecierea echilibrului anioni-cationi, absorbţia neechilibrată indică aplicarea nerațională a îngrăşămintelor.

3. Absorbția activă. Se realizează cu **consum energetic**, pe baza unor procese metabolice şi a schimbului de ioni. **Ionii** pătrunşi prin membrana celulară **sunt preluați de molecule transportoare specializate**, care sunt **produşi intermediari** în procesul de respirație-fotosinteză (aminoacizi, fosfatide, peptide). Aceste molecule dau cu ionii un complex,

ION-TRANSPORTOR

care datorită potențialului bioenergetic, pe care îl posedă, este capabil să traverseze membrana, pătrunzând **în citoplasmă** unde are loc desfacerea în părțile componente. **ION**-ul este preluat de un alt compus cu rol de transportor, iar **TRANSPORTOR**-ul se întoarce spre suprafața plasmalemei pentru a prelua alți ioni. Acest transport se face cu **consum de energie** ce rezultă din reacțiile de fosforilare oxidativă şi din metabolismul glucidic.

Absorbția selectivă şi viteza de pătrundere a elementelor. Elementele nutritive sunt absorbite sub formă de ioni NO_3^-, K^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}, hidroxizi NH_4OH, $Fe(OH)_3$, chelați, complecşi organici. Se absorb selectiv, iar viteza de pătrundere prin membrană diferă în funcție de natura ionilor (Heller, 1977):

Cationi: $\mathbf{NH_4^+ > K^+ > Mg^{2+} > Ca^{2+} > Na^+}$

Anioni: $\mathbf{NO_3^- > Cl^- > SO_4^{2-} > H_2PO_4^-}$

Viteza de pătrundere a anionilor e mai mică decât a cationilor ceea ce permite păstrarea echilibrului acido- bazic (H^+/OH^-).

Factori cu rol în asimilarea elementelor de către plantă:

- ***Temperatura*** în procesele de respirație şi transpirația. Între 24 - 35°C asimilarea ionilor este optimă, cu excepția Ca^{2+};
- ***Concentrația soluției solului***, concentrația ridicată măreşte presiunea osmotică a soluției îngreunând absorbția apei;
- ***Influența pH-ului***
  - ⇨ pH = 5 favorizează asimilarea K^+, Fe^{2+}, Mn^{2+}, Zn^{2+}, SO_4^{2-}
  - ⇨ pH = 6 favorizează asimilarea NO_3^-
  - ⇨ pH = 6,5 favorizează asimilarea $H_2PO_4^-$
  - ⇨ pH = 7 favorizează asimilarea Ca^{2+}, Mg^{2+}
  - ⇨ pH= 7-8 favorizează asimilarea NH_4^+, MoO_4^-

- ***Vârsta plantei*** influenţează asimilarea, la tinereţe viteza de absorbţie este mai mare;
- ***Tehnica de aplicare*** a îngrăşămintelor influenţează asimilarea ionilor, ionii NO_3^- şi NH_4^+ au mobilitate mare, iar K^+ şi $H_2PO_4^-$ se deplasează mai greu în sol, de aceea îngrăşămintele cu K şi P se aplică mai aproape de rădăcina plantei.

6.2. Interacţiunea ionilor din mediu nutritiv

Efectul fiziologic al elementelor nutritive nu trebuie judecat unilateral ci în cadrul interacţiunii dintre elemente, această **interacţiune** se manifestă atât în plantă, la nivel subcelular cât şi în soluţia solului. Procesul de interacţiune a ionilor **este influenţat de fotosinteză, respiraţie, temperatură, sinteza şi translocarea substanţelor.**

După natura chimică ionii sunt **anioni** şi **cationi**, în stare liberă sau legată.

După raportul în care ionii nutritivi se găsesc în soluţia nutritivă sau în plasma celulară acţiunea lor e diferită.

Acţiunea de interacţionare a ionilor

A. **Acţiunea de însumare** - *efectul final este egal cu totalul rezultat din acţiunea fiecărui element în parte.*

$$\Sigma EfectElemente = EfectN + EfectP + \ldots + EfectElement$$

B. **Acţiunea de sinergism,** de intensificare a acţiunii pozitive sau toxice a unui element datorită prezenţei simultane a altui element, se enunţa astfel: *efectul pozitiv sau negativ total depăşind suma efectelor componentelor luate separat.*

$$EfectTotalAcţiune > \Sigma EfectComponentSeparat$$

C. **Acţiunea de antagonism,** de micşorare a efectului fiziologic al ionilor din amestecul nutritiv sau din sucul celular prin prezenţa simultană a anumitor ioni şi a raportului dintre ei, se enunţă astfel: *efectul final al acţiunii fiziologice este mai mic decât efectul fiecărui component luat separat.*

$$EfectTotalAcţiune < \Sigma EfectComponentSeparat$$

În aplicarea îngrăşămintelor această acţiune are o deosebită importanţă. Doze neechilibrate pot duce la deprecierea recoltei.

Efectele de antagonism manifestate între ioni sunt:

NO_3^-	cu	K/ Ca/ Mo/ Cu/ S
NH_4^+	cu	K /Ca/ Mg
$H_2PO_4^-$	cu	Zn/ Fe/ Al/ Ca/ S
K	cu	Mg/ B/ Fe/ Ca
Ca	cu	H/ Na/ Fe/ Mg
Mg	cu	Na/ Fe
S	cu	Fe/ Ca
B	cu	Ca/ Mo
Mn	cu	Mo/ Mg/ Fe
Co	cu	Fe
Zn	cu	Ca/ Fe
Cu	cu	Fe/ Mn

Antagonismul se manifestă şi în raport cu pH.

pH 5 - 6 antagonism accentuat între Ca/Fe, Ca/Mn, Ca/Al

pH 6 - 8 antagonism accentuat între Ca/Fe, Ca/K

pH 7,5 antagonism accentuat între Ca/K, Ca/Na

TEST DE EVALUARE

1. Care sunt mecanismele de absorbție a nutrienții în plantă ?

Răspuns:

Nutrienții sunt absorbiți prin trei mecanisme: interceptare directă, curgere liberă şi difuzie, ionii fiind absorbiți, într-un procent diferit, în funcție de caracteristicile ionului, de pH-ul solului, de tipul de reținere la suprafața coloizilor, de solubilitatea şi forma sub care se găsesc în soluția solului.

2.Care sunt fazele mecanismului de transport şi absorbție a nutrienților în plantă?

Răspuns:

Exerciții.

Exemplu rezolvat:

1. Acțiunea de sinergism a ionilor din mediu nutritiv reprezintă:

a) Efectul final este egal cu totalul rezultat din acțiunea fiecărui element în parte

b) Efectul pozitiv sau negativ total depăşeşte suma efectelor componentelor luate separat

c) Efectul final al acțiunii este mai mic decât efectul fiecărui component luat separat

d) Toate variantele sunt adevărate

Rezolvare: b

De rezolvat:

2. Acțiunea de antagonism a ionilor din mediu nutritiv reprezintă:

a) Efectul final este egal cu totalul rezultat din acțiunea fiecărui element în parte

b) Efectul pozitiv sau negativ total depăşeşte suma efectelor componentelor luate separat

c) Efectul final al acțiunii este mai mic decât efectul fiecărui component luat separat

d) Toate variantele sunt adevărate

Rezolvare:

REZUMATUL TEMEI

6.1. Mecanismul absorbției radiculare a elementelor nutritive

Sistemul de acțiune rădăcină – sol – soluția solului

Sistemul radicular, rolul său în relația sol - plantă

Funcția **mecanică**

Funcția de **aprovizionare cu apă şi elemente nutritive**

Deplasarea elementelor nutritive către suprafața rădăcinii

a. Curgere liberă

b. Interceptare directă

c. Difuzie

Mecanisme de transport şi absorbție în plante

1. Absorbția pasivă

2. Pătrunderea prin membrană

3. Absorbția activă

6.2. Acțiunea de interacționare a ionilor

A. Acțiune de însumare

ΣEfectElemente = EfectN + EfectP +…+ EfectElement

B. Acțiune de sinergism

EfectTotalAcțiune > ΣEfectComponentSeparat

C. Acțiune de antagonism

EfectTotalAcțiune < ΣEfectComponentSeparat

TEST RECAPITULATIV

	Intensitatea fotosintezei este maximă la:	Lumină specrală albastră	a
		Lumină specrală roşie	b
		Lumina specrală violet	c
		Nu depinde de specrul luminos	d
	După ponderea în compoziția chimică a plantei macroelementele se găsesc în concentrație de:	$n.10^{-11}$-$n.10^{-7}$ %s.u.	a
		$n.10^{-5}$-$n.10^{-3}$ %s.u.	b
		$n.10^{-2}$-$n.10^{1}$ %s.u.	c
		$n.10^{-12}$-$n.10^{-6}$ %s.u.	d
	După ponderea în compoziția chimică a plantei ultramicroelementele se găsesc în concentrație de:	$n.10^{-2}$-$n.10^{1}$ %s.u.	a
		$n.10^{-5}$-$n.10^{-3}$ %s.u.	b
		$n.10^{-7}$-$n.10^{-4}$ %s.u.	c
		$n.10^{-12}$-$n.10^{-6}$ %s.u.	d
	Manifestările exterioare ale deranjamentelor de nutriție sunt precedate de:	Modificări anatomice şi histologice ale celulei	a
		Răsucirea frunzelor	b
		Pătarea frunzelor	c
		Piticirea plantelor	d
	Plantele asimilează cu precădere din sol forma de molibden:	Mo_2O_3	a
		MoO_4^{2-}	b
		$HMoO_4^-$	c
		H_2MoO_4	d
	Plantele absorb din sol în cantitatea cea mai mare elementele sub formă:	Substanțe minerale nedisociate, moleculară	a
		Ioni (anioni şi cationi)	b
		Compuşi organo-minerali (chelați)	c
		Compuşi organici (acizi humici, aminoacizi)	d
	Ambele forme de azot (NH_4^+ şi NO_3^-) sunt absorbite în plantă în mod egal la pH:	Moderat acid	a
		Neutru	b
		Moderat alcalin	c
		Puternic alcalin	d
	Plantele absorb cu precădere forma de fosfor:	$H_2PO_4^-$	a
		HPO_4^{2-}	b
		PO_4^{3-}	c
		Toate în egală măsură	d
	Potasiul joacă rol în metabolismul plantelor în:	Sinteza hidraților de carbon	a
		Rol plastic în alcătuirea țesuturilor	b
		Transmite informația genetică	c
		Intră în componența acizilor nucleici	d
	Calciul joacă rol în plantă în:	Sinteza proteinelor	a
		Sinteza glucidelor	b
		Diviziunea celulară	c
		Sinteza pigmenților antocianici	d
	Magneziul joacă rol în plantă în:	Împiedică formarea clorofilei	a
		Favorizează absorbția şi translocarea fosforului	b
		Favorizează absorbția şi translocarea potasiului	c
		Împiedică formarea compuşilor ce înmagazinează energie	d

	Rolul manganului în plantă	Ruperea moleculei de apă în procesul de fotosinteză	a
		Înmagazinarea energiei în plantă	b
		Reglează regimul hidric în plantă	c
		Reglează regimul termic în plantă	d
	Absorbția pasivă se face:	Cu consum de energie	a
		Fără consum de energie	b
		Cu consum de energie prin difuzie	c
		Cu consum de energie prin interceptare directă	d
	Pătrunderea prin membrană se face astfel:	În schimbul ionilor de OH^- eliminați se absorb ioni de K^+	a
		În schimbul ionilor de H^+ eliminați se absorb cationi	b
		În schimbul ionilor de H^+ eliminați se absorb anioni	c
		În schimbul ionilor de OH^- eliminați se absorb cationi	d
	Absorbția activă are loc:	Fără consum de energie	a
		Fără consum de energie prin difuzie	b
		Cu consum energetic	c
		Fără consum de energie prin molecule transportoare specializate	d

SOLUL CA MEDIU NATURAL DE NUTRIȚIE ŞI DE APLICARE A ÎNGRĂŞĂMINTELOR

Tema nr.7

Componentele solului

Unităţi de învaţare:

- Faza solidă a solului
- Faza lichidă a solului
- Faza gazoasă asolului
- Formele elementelor nutritive din sol şi accesibilitatea lor pentru plante

Obiectivele temei:

- Insuşirea cunoştiinţelor privind componentele solului. Caracteristicile şi proprietăţile principalelor faze ale solului- solidă, lichidă şi gazoasă- care se întерpătrund, se influenţează reciproc şi devin mediul natural de creştere şi dezvoltare al plantelor.

- Diferenţierea şi cunoaşterea celor patru forme -solubilă, schimbabilă, potenţiala asimilabilă şi totală - sub care se găsesc elementele nutritive în sol în functie de accesibilitatea lor pentru plante.

Timpul alocat temei: 2 ore

Bibliografie recomandată:

1. Davidescu D.,Velicica Davidescu, 1981. *Agrochimia modernă*. Ed. Academiei RSR Bucureşti.
2. FAO, 2006. *Plant nutrition for food security,* Food and Agriculture Organization of the United Nations, Roma.
3. Madjar Roxana, 2008. *Agrochimie* – Planta şi solul. Ed. INVEL Multimedia, Bucureşti.
4. Madjar Roxana, Velicica Davidescu, 2009. *Agrochimie.* USAMVB, Facultatea de Horticultură, Învăţământ la distanţă, Bucureşti.

Solul reprezintă pentru plantele cultivate **un suport** pentru creşterea sistemului radicular, **un rezervor** de substanţe nutritive şi **un intermediar** prin care se aplică îngrăşămintele şi amendamentele.

Solul este un sistem **polidispers, în stare umedă se comportă ca un sistem coloidal,** este alcătuit în mod schematic din:

- **Faza solidă** – 50% (minerală 45% şi organică 5%)
- **Faza lichidă –** soluția solului (25%)
- **Faza gazoasă** (25%)

Aceste componente se interpătrund, se influențează reciproc, devin mediul natural de creştere şi dezvoltare al plantelor.

Faza **solidă** reprezintă suportul şi principala sursă de elemente nutritive, faza **lichidă** este un agent fizico-chimic, de transport al elementelor nutritive, iar faza **gazoasă** se defineşte ca un mediu ce favorizează activitatea biologică din sol şi procesele de trecere a elementelor nutritive în forme accesibile plantelor.

7.1. Faza solidă a solului

Componenta minerală a solului este alcătuită din minerale primare şi secundare (argile, oxizi şi hidroxizi de Fe, Al, Mn, Si), precum şi din diferite săruri.

În structura bistratificată (1:1) straturile de tetraedri şi octaedri se repetă regulat; în structura tristratificată (2:1) succesiunea straturilor este: strat tetraedri-strat octaedri-strat tetraedri (fig.12).

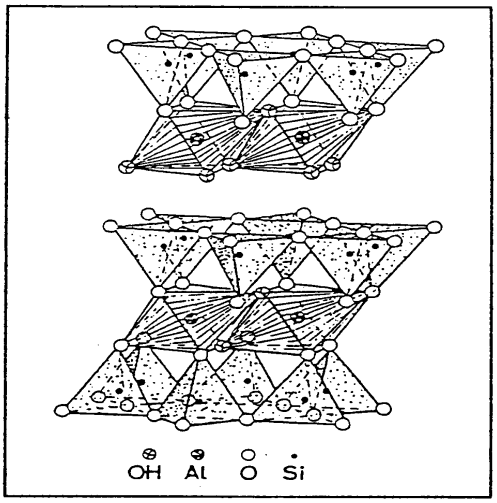


Fig. 12 Aranjamentele tetraedrilor şi octaedrilor în structura bistratificată (sus) şi tristratificată (jos) a mineralelor argiloase

Siliciul, legat în coordinare tetraedrică de patru atomi de oxigen, asigură patru sarcini negative libere. Catenele de tetraedri sau octaedri se dispun spațial sub formă stratificată sau de pachete, cu sarcini negative permanente pe suprafețele exterioare sau între structurile stratificate, sarcini care sunt satisfăcute de cationi încărcați pozitiv, ce *se reţin* în acest mod din soluția solului. Particula de silice $[SiO_2]_n$ în coordinare tetraedrică este electric neutră. Prin înlocuirea unei părți din siliciu cu ioni de aluminiu, structura particulei se schimbă, luând forma $[(SiO_2)_{n-1} AlO_2]^-$. Sarcinile negative ale unei astfel de particule sunt neutralizate prin reținerea cationilor din soluția solului, particula devenind astfel purtătoarea capacității de schimb, în timp ce particula de SiO_2 rămâne neutră. Participarea diferiților ioni în acest proces depinde în mare măsură de raza ionică.

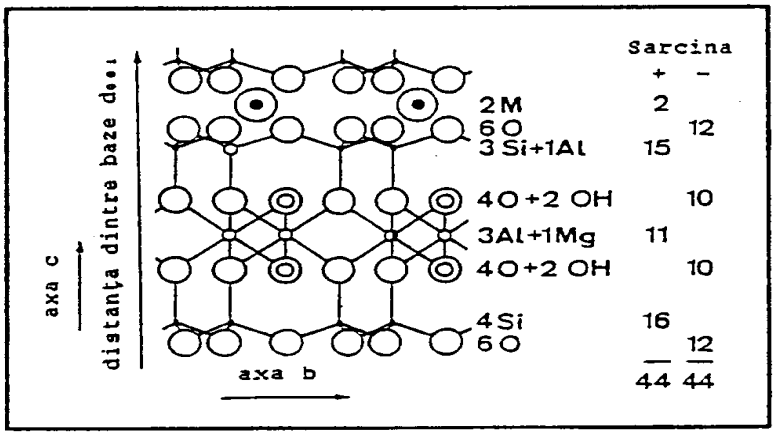


Fig. 13 Mineral dioctaedric tristratificat cu formula: $M_2(Al_3Mg)(Si_7Al)O_{20}(OH)_4$
(M = cationi monovalenți între straturi)

(Scheffer - Schachtschabel, 1970)

Particulele argiloase cele mai importante au structură bistratificată (caolinit 1:1) şi tristratificată (montmorillonit 2:1). În aceste minerale Si poate fi substituit de Al ceea ce duce la creşterea valenţelor nesaturate ale anionului complex silico-alumino-oxigenat, a căror sarcini se compensează cu cationii elementelor Na, Ca, Mg.

Datorită structurii complexe a rețelei cristaline **partea coloidală a solului capătă însuşiri diferite de schimb a cationilor**. Capacitatea de schimb e legată de: sarcina negativă şi înlocuirile izomorfe în structura silicaților.

Daca la o coordinare tetraedrică neutră$[SiO_2]_n$ se înlocuieşte Si cu Al particula capătă sarcină negativă $[(SiO_2)_{n-1}AlO_2]^-$.

Înlocuiri izomorfe în argile de tip montmorillonit pun în evidența însuşiri acidoide cu reținere de cationi:

$$….O_3Si_2O_2HOAl_2OHO_2Si_2O_3… \text{ neutră}$$

$$[O_3Si_2O_2HOAlMgOHO_2Si_2O_3]^- \text{ (Al înlocuit)}$$

$$[O_3Si_2O_2HOAl_2OHO_2SiAlO_2]^- \text{ (Si inlocuit)}$$

Înlocuiri izomorfe în argile de tip caolinit pun în evidență însuşiri bazoide cu reținere de anioni:

$$(OH)_2Al_2(OH)_2O_2Si_2O_3 \text{ electroneutră}$$

$$[(OH)_2Al_2OHO_2Si_2O_3]^+ + OH^- \text{ electropozitivă}$$

Clasificarea mineralelor argiloase stratificate se face după tipul lor (compoziția chimică variază chiar în interiorul aceluiaşi tip) (tabelul 6), modul de ocupare a spațiilor dintre structuri şi sarcina electrică negativă a unei unități. (Newmann,1987).

Tabelul 6

Compoziția chimică a unor minerale argiloase

Mineral	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	CaO	MgO	K_2O	Na_2O
	(% greutate)							
Caolinit	45-48	38-40	0-0,2	0-0,3	-	-	-	-
Smectit	42-45	0-28	0-30	0-0,5	0-3	0-2,5	0-0,5	0-3
Illit	50-56	18-31	2-5	0-0,8	0-2	1-4	4-7	0-1
Vermiculit	33-37	7-18	3-12	0-0,6	0-2	20-28	0-2	0-0,4
Chlorit	22-35	12-24	0-15	-	0-2	12-34	0-1	0-1

Hidroxizii de fier, aluminiu şi siliciu sunt compuşii amorfi din faza solidă a solului, aceştia se găsesc sub formă de gel sau precipitat, nelegați de siliciul din rețeaua cristalină şi posedă însuşiri bazoide contribuind la reducerea capacității de schimb cationic.

Hidroxizii de Fe şi Al au caracter amfoter, reacționează ca un acid în mediu bazic şi ca o bază în mediu acid:

$$[Fe(OH)_3]_n \rightarrow [Fe_n(OH)_{3n-1}]^+ + OH^-$$
$$[Fe(OH)_3]_n \rightarrow [Fe_nO(OH)_{3n-1}]^- + H^+$$

$$[Al(OH)_3]_n \rightarrow [Al_n(OH)_{3n-1}]^+ + OH^-$$
$$[Al(OH)_3]_n \rightarrow [Al_nO(OH)_{3n-1}]^- + H^+$$

Hidroxizii de fier şi de aluminiu participă la capacitatea de schimb cationic a solului. Componenta anorganică (aluminosilicații) împreună cu cea organică formează complexul argilo-humic sau ***complexul adsorbtiv*** al solului.

Componenta organică a solului. Noțiunea de sol este indisolubil legată de conținutul acestuia în materie organică. Materia organică constituie una din principalele componente ale ecosistemului terestru, atât ca sursă de elemente nutritive pentru plantele de cultură, cât şi prin modul în care influențează proprietățile fizico-chimice şi activitatea microbiologică a solului. Substanța organică provine din acumularea în timp a resturilor vegetale şi animale, aflate în diferite grade de descompunere.

Materia organică din sol de origine vegetală şi animală suferă un proces de humificare care are 3 faze:

1) Inițială de descompunere biochimică, în care predomină procese de oxidare şi hidroliză, etapă în care se formează radicali fenolici şi chinonici, care sunt unități structurale ale substanțelor humice;
2) Condensarea unităților structurale cu diverşi compuşi organici care conțin N;
3) Descompunere şi sinteză prin acțiunea unor microorganisme heterotrofe şi saprofite, rezultând CO_2, NH_3, H_2O şi diferiți compuşi şi ioni, procesul fiind cunoscut sub denumirea de *mineralizarea* substanței organice din sol.

În urma acestor transformări rezultă numeroase substanțe:

1. Substanțe HUMICE, stabile cu greutate moleculară mare (acizi fulvici, humici, humine), cu însuşiri specifice coloidale care formează **humusul stabil.**

Acizii componenți ai humusului se pot uni cu :

- Cationi bivalenți formând HUMUS STABIL SATURAT – insolubil în apă
- Ioni monovalenți formând HUMUS NESATURAT – solubil în apă.

2. Substanțele NEHUMICE rezultate alcătuiesc **humusul nutritiv.**

Materia organică se clasifică din punct de vedere:

a. chimic:
   - **substanțe humice** (acizi humici solubili în soluții alcaline, precipită în acizi minerali şi acizii fulvici solubili în soluții alcaline, humine insolubile în hidroxid de sodiu)
   - **substanțe nehumice**
b. funcțional:
   - **humus stabil,**
   - **humus nutritiv**
c. morfogenetic:
   - **humus brut (mor)** este tipul cel mai imperfect de humus pentru mediu aerat, compoziția este formată din resturi organice nemărunțite, are reacție puternic acidă cu conținut scăzut în azot.
   - **moder,** format în mediu aerat, este un intermediar între mullul necalcic forestier şi humusul brut cu resturi vegetale nedescompuse, cu compuşi cu grad mic de polimerizare.
   - **mull,** format în mediu aerat, există mullul calcic, saturat cu calciu, cu conținut în acizi huminici puternic polimerizați, se formează în zonele de stepă şi silvostepă, dar şi în zone forestiere cu substrat calcaros, există şi mullul necalcic cu reacție acidă format pe soluri ce nu conțin calcare şi marne, cu conținut slab în acizi humici şi moderat polimerizați.

- **turba** se formează în mediu neaerat, descompunerea este incompletă se formează doar produşi intermediari humificării.

Materia organică este formată din resturi organice proaspete de origine vegetală şi animală şi humus. Humusul este componenta principală a materiei organice din sol. Reprezintă un amestec de substanțe macromoleculare rezultat prin descompunerea resturilor vegetale, urmată de sinteză în acizi humici şi humine.

Substanțele humice. Sunt o grupare de compuşi cu caracteristici comune (solubile în NH_4OH sau NaOH, cu HCl precipită), structura compuşilor este complexă şi eterogenă. Substanțele humice conțin, alături de fragmente mai mari sau mai mici de lignină, proteine şi zaharuri, o serie de compuşi hidroxilici, acizi policarboxilici aromatici, chinone, heterocicli cu N şi O, aminoacizi. Unitățile structurale sunt legate între ele prin diverse tipuri de legături : -O, -NH-, -N=, $-CH_2-$, -C-O-, -S-S-, şi lanțuri de atomi de carbon de diferite lungimi.

Moleculele conțin câteva ***grupe reactive*** reprezentative:

- Gruparea carboxilică –COOH, caracteristică acizilor organici, prin ionizare ($-COO^-$) particula se încarcă electronegativ, atrage un alt ion.

$$R\text{-}COOH \rightarrow R\text{-}COO^- + H^+$$

- Gruparea fenolică C_6H_5-OH, prin disociere se încarcă negativ ($C_6H_5\text{-}O^-$).
- Gruparea aminică $–NH_2$, poate accepta un proton devenind particulă încărcată pozitiv ($-NH_3^+$); poate reacționa cu gruparea carboxil formând legături peptidice, caracteristice lanțurilor de aminoacizi care formează protidele.

Particulele de humus se pot combina cu particulele argiloase formând particule complexe ***organo – minerale (complexul argilo-humic).***

Conținutul în humus al solurilor influențează capacitatea de reținere şi schimb cationic.

Conținutul solurilor în materie organică variază între 2-6%, cantitatea de materie organică din sol determină fertilitatea, variază în raport cu: factorii climatici (temperatură, umiditate), factorii de vegetație, tehnologia culturii (irigată, neirigată), folosirea îngrăşămintelor organice, procesul de solificare.

Tabelul 7

Caracterizarea fertilității solului după conținutul în humus (%) al stratului arabil

(Davidescu, 1999)

Caracterizarea fertilității	Culturi de câmp		Culturi în sere, solarii	
	Sol cu textura luto-argilos	Sol nisipos	Sol cu textura luto-argilos	Sol nisipos
Foarte scăzută	< 1%	< 0,5%	< 2%	< 1%
Scăzută	1,1-2%	0,6-1%	2,1-4%	1,1-2%
Mijlocie	2,1-4%	1,1-2%	4,1-6%	2,1-3%
Ridicată	4,1-6%	2,1-3%	6,1-8%	3,1-4%
Foarte ridicată	6,1-8%	3,1-4%	> 8,1 %	> 4,1%

Materia organică indice al fertilității. Există un indice de fertilitate stabilit de Nieschlag (1965) care ia în considerație raportul dintre rezerva totală de N şi de C şi conținutul în argilă

$$\text{IndiceFertilitate} = \frac{100 \cdot \%N_t}{3 \cdot \%C_t} + \%A = 33{,}3N_t \cdot \frac{N_t}{C_t} + \%A$$

Aprecierea fertilității solurilor în funcție de raportul C/N

Gradul de fertilitate al unui sol se apreciază şi **după raportul C/N** (substanțe celulozice/substanțe proteice). C/N arată viteza de descompunere în sol a acestor două grupe de substanțe. Fertilitatea este cu atât mai mare cu cât raportul C/N este mai mic, cu cât raportul C/N e mai apropiat de 10-12 resturile organice se descompun mai uşor.

Raportul C/N este o măsură a stării de fertilitate a solului (Davidescu,1992). El este mai mic în sol decât în plantă, deoarece în procesul de humificare şi mineralizare oxidarea carbonului este mai rapidă şi se degajă mult CO_2. Raportul C/N este mai mic cu cât conținutul de azot din materia organică este mai mare şi mineralizarea mai avansată. Raportul C/N variază 7 ÷15 pentru acizii humici şi între 20÷200 pentru acizii fulvici.

Cernescu (1941) a stabilit pentru solurile din România următoarele variații ale raportului C/N:

- Cernoziomuri 12,5 ÷13,5
- Cernoziomuri levigate 14 ÷15
- Soluri brune de pădure 12,5 ÷14
- Podzoluri secundare 15,5 ÷ 16

O caracteristică generală a solurilor, fertilitatea, după valoarea raportului C/N este dată în tabelul 8 .

Tabelul 8

Caracterizarea fertilității solurilor după raportul C/N

(D.Davidescu şi Velicica Davidescu, 1999)

Raportul C/N	Limite	Starea de fertilitate
Foarte ridicat	>23	Foarte scăzută
Ridicat	15-22	Scăzută
Mijlociu (normal)	12-14	Mijlocie (normală)
Scăzut	9-11	Ridicată
Foarte scăzut	<8	Foarte ridicată

Raportul dintre humus(H%) şi azot total (N%) poate servi ca indicator al stării de fertilitate.

Tabelul 9

Raportul humus/azot (H/N) indicator al stării de fertilitate

(D.Davidescu, 1992)

H% N%	Nevoia de îngrăşăminte cu N	Nevoia de îngrăşăminte organice (gunoi de grajd)
< 20	Scăzută	Ridicată
≈ 20	Moderată	Moderată
> 20	Ridicată	Scăzută

Rolul materiei organice din sol. Materia organică e foarte variată din punct de vedere cantitativ şi calitativ:

- constituie o sursă de elemente nutritive;

- componenta care influenţează însuşirile fizice şi fizico-chimice a solului;
- constituie material energetic necesar microflorei din sol, care la rândul ei influenţează direcţia proceselor biochimice din sol şi mobilitatea unor elemente nutritive.

Însuşirile agrochimice ale materiei organice. Materia organică din sol (sub formă de humus) şi cea introdusă sub formă de îngrăşăminte organice, care se transformă în timp în humus, conferă solului fertilitatea prin faptul că:

a) Este **sursă de elemente nutritive**, prin procesul de descompunere şi de mineralizare, în mod continuu şi treptat, solul şi soluţia solului se îmbogăţesc cu substanţe nutritive uşor accesibile plantelor.
b) Substanţele organice **măresc capacitatea de adsorbţie** a solului şi împiedică de la spălare o serie de substanţe uşor asimilabile, mărind astfel rezerva de substanţe nutritive.
c) Are **importanţă în structura solului** prin cimentarea şi coagularea particulelor elementare din sol.
d) **Asigură permeabilitate pentru aer şi apă** datorită faptului că substanţele organice coloidale participă ca un ciment la formarea agregatelor stabile, influenţează favorabil regimului de apă, aer şi nutriţia plantelor.
e) Întrucât în procesul de mineralizare al substanţelor organice din sol se eliberează o **mare cantitate de CO_2** şi acizi organici, se intensifică procesul de alterare chimică şi de eliberare a substanţelor nutritive sub forme uşor accesibile
f) **Ameliorarea însuşirilor fizice** ale solului duc la îmbunătăţirea nutriţiei plantelor. Astfel, prin faptul că substanţele humice înconjoară ca o pojghiţă particulele de argilă din solurile grele, le micşorează coeziunea şi puterea de aderenţă. Pe solurile luto-nisipoase ajută la legarea particulelor primare şi creează condiţii mai bune pentru creşterea sistemului radicular (după Davidescu V. 2000).
g) Materia organică are însuşirea de a regla prin culoare (închisă), într-o oarecare măsură, **regimul termic** al solului. Pe timp răcoros încălzeşte, iar în timpul verii când sunt variaţii bruşte de căldură, reduce amplitudinea variaţiilor de temperatură din sol. Prin aceasta influenţează în mod indirect şi condiţiile de nutriţie ale plantelor.
h) Împreună cu partea minerală formează complexul adsorbtiv, complexul argilo-humic.

i) Materia organică pune la dispoziția **microflorei** solului substanțele necesare, influențând, în raport cu alți factori, compoziția acesteia şi direcția proceselor biochimice din sol (Davidescu V., 2000).

Capacitatea materiei organice de a reține ioni. Materia organică are capacitate de schimb cationic ridicată prin prezența grupărilor acide.

Reținerea ionilor în mareria organică se face sub diferite forme: ioni precipitați în compuşi organici greu solubili, ioni în complecşi organo-metalici de tip chelat sau nu, ioni adsorbiți de coloizi organici, ioni organici solubili în apă, accesibili pentru plantă.

Solul, prin materia organică, pe care o conține, este un rezervor de compuşi de tip chelat, care împiedică temporar de la spălare o serie de microelelemente.

Bilanțul materiei organice. Viteza de mineralizare a materiei organice depinde de natura materiei organice, condițiile de mediu şi cele fizico-chimice din sol.

Echilibrul dintre humificare şi mineralizare, după Welte, 1963 citat de Rusu ş.a., 2005, se poate evalua cu relația:

$$A_0 = K_m (A + H_0)$$

În care,

A reprezintă raportul anual de materie organică, t s.u./ha;

H_0 reprezintă rezerva totală de humus din sol, t/ha;

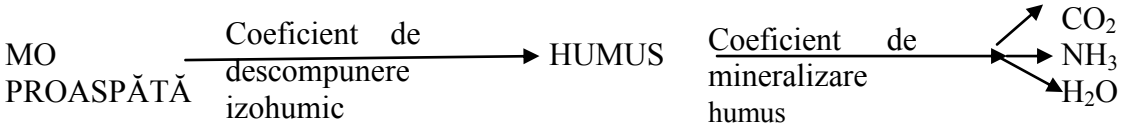
K_m reprezintă coeficientul mediu de descompunere – mineralizare (0,3-0,7 pentru materia organică proaspătă şi 0,01-0,02 pentru humusul stabil).

Cantitatea de materie organică necesară a fi introdusă anual în sol pentru menținerea nivelului existent este de 1/20 din conținutul de materie organică din sol.

Când materia organică este bogată în N pierderile sunt mai mici, adăugarea îngrăşămintelor cu N intensifică faza inițială de descompunere a resturilor de mirişte şi paie din sol. Pe solurile cu conținut scăzut de fosfor aplicarea îngrăşămintelor fosfatice intensifică descompunerea materiei organice, scăderea conținutului de C prin intensificarea proceselor microbiologice. Descompunerea materiei organice are loc în ritm diferit în funcție şi de componentele resturilor organice.

Pentru alcătuirea unui bilanț humic cu scopul de a urmări menținerea sau sporirea fertilității trebuie cunoscute intrările şi ieşirile.

Pierderile de materiei organice prin mineralizare nu trebuie să depăşească ceea ce se realizează prin aportul materiei organice nou introdusă în sol.



Rezerva de humus în sol se poate evalua cu formula,

Rezervă humus t/ha =**H.h.G_v**

Unde,

H= humus, %

h= grosimea stratului arabil, cm

G_v = greutatea volumetrică a solului, g/cm^3

Înmulțind rezerva de humus cu *coeficientul de mineralizare anuală a humusului* care diferă în funcție de textura solului se determină pierderile anuale de humus, care sunt mult mai mari decât intrările odată cu aportul de materie organică din deşeurile vegetale introduse de cultura în asolament.

Pentru întocmirea bilanțului humic este necesar să se ia în considerare pierderile anuale de humus prin mineralizare. In zona temperată, în care se află şi țara noastră, se pierde prin mineralizare 0,8-3% din materia organică (humus) din sol, mai mult pe solurile uşoare nisipoase şi mai puțin pe cele grele argiloase. Pentru compensare se adaugă îngrăşământ organic (gunoi de grajd) (Davidescu D., 1981, Davidescu V., 2000).

Pe baza acestor parametri se poate face un calcul al bilanțului humic.

De exemplu (după Davidescu V., 2000):

Intr-o fermă legumicolă cu o rotație simplă: tomate - rădăcinoase - tuberculifere:

conținutul solului în humus	2,1%
conținutul solului în argilă	15,0%
greutatea volumetrică a solului (G_V)	1,2

coeficientul de mineralizare al humusului 1,4%

În acest caz, cantitatea de materie organică la hectar pe adâncimea de 30 cm va fi:

0,30m x 1,2(G_V) x 10 000 m^2 = 3600 t greutatea stratului arabil pe adâncimea de 30 cm.

$$3600 \text{ t} \times \frac{2,1}{100} = 75,6 \text{ t/ ha materie organică (humus)}$$

La un coeficient de mineralizare anuală al humusului de 1,4% rezultă o pierdere anuală:

$$75,6 \times \frac{1,4}{100} = 1,058 \text{ t}$$

Ţinând seama de **intrările anuale** de materie organică şi cantitatea de humus ce rezultă din acestea:

- **tomate :** deşeuri vegetale 5 t/ha respectiv 250 kg / ha humus
- **rădăcinoase + tuberculifere:** deşeuri vegetale 5 t/ha respectiv 110 kg/ha humus
- **în medie la hectar** intrările reprezintă 360 kg/ha humus.

Faţă de pierederea anuală prin mineralizare, care a fost de 1058 kg, rezultă un deficit de:

1058 kg - 360 kg = 698 kg pierderi de humus

Pentru menţinerea echilibrului, această pierdere poate fi compensată cu o doză anuală de 10 t/ha gunoi de grajd fermentat sau 30t/ha gunoi de grajd fermentat aplicat la 3-4 ani odată.

Tabelul 10

Coeficientul de mineralizare a humusului în raport cu textura solului

(după Davidescu D., 1981, Davidescu V., 2000)

Solul	Coeficient de mineralizare anuală, %
Nisipos (1,2% m.o., sub 10% argilă)	2,5-3
Luto-nisipos (1,8% m.o., 10-15% argilă)	1,8-2,5
Luto-argilos (2,5% m.o., 15-30% argilă)	1,3-1,8
Argilos (3% m.o., peste 30% argilă)	0,8-1,3
Sol calcaros (3,5 - 4% m.o.)	0,5-0,8

Nu toate resturile organice vegetale sau animale care se introduc în sol au acelaşi grad şi viteză de descompunere şi în final nu dau toate aceeaşi cantitate de humus.

În tabelul 11 se arată ce cantităţi medii de humus se pot obţine din diferite materii organice proaspete introduse în sol, care provin de fapt din deşeuri ce se află în fiecare exploataţie agricolă.

Tabelul 11

Cantitatea de humus ce rezultă din materia organică proaspătă introdusă în sol

(după Davidescu D., 1992, citat de Mocanu, 2003)

Materii organice	Coeficientul (c) de descompunere c/100	Cantitatea ce se introduce sau este lăsată în sol t/ha	Substanţa uscată %	Humus[1] stabil ce rezultă kg/ha
Gunoi de grajd proaspăt	0,3 (0,2-0,4)	30	25	2250
Gunoi de grajd fermentat	0,4 (0,3-0,5)	30	25	3000
Tulbureală (Gulle)	0,5 (0,4-0,6)	20 m^3	13	1300
Frunze şi colete de sfeclă	0,06(0,04-0,08)	5(s.u.)	70	210
Mirişte după leguminoase	0,12(0,10-0,15)	6(s.u.)	80	570
Solanacee deşeuri vegetale	0,10(0,08-0,12)	5(s.u.)	50	250
Viţă de vie-frunze	0,12(0,10-0,15)	5(s.u.)	70	420
Livezi-frunze	0,12(0,10-0,15)	4(s.u.)	70	330
Vărzoase	0,12(0,10-0,15)	5(s.u.)	70	100
Cereale-mirişte	0,15-0,25	4(s.u.)	70	420
Lucernă-întoarsă	0,15(0,12-0,15)	6(s.u.)	30	280
Ingrăşăminte verzi	0,08	6(s.u.)	25	480
Paie	0,10	5(s.u.)	85	425
Coceni de porumb	0,11	8(s.u.)	80	704

Influenţa materiei organice asupra recoltei. Fluctuaţiile recoltelor de la an la an se pun frecvent pe seama condiţiilor climatice dar nu trebuie neglijaţi factorii energetici care acţionează asupra descompunerii şi sintezei materiei organice din sol. Procesele microbiologice influenţate de condiţiile climatice duc la apariţia unor compuşi organici asimilabili de către plante. Aceste substanţe organice au un potenţial energetic mai ridicat decât ionii minerali rezultaţi din

[1] Exemplu: Dacă după recoltarea leguminoaselor rămâne mirişte 6t/ha cu 80% substanţă uscată ce se introduce în sol, va rezulta următoarea cantitate de humus.

$$6000 \frac{80}{100} \cdot 0,12 = 576 \text{ kg humus}$$

descompunere, reprezintă o formă superioară de energie ce serveşte plantelor la aprecierea calitativă a recoltei. (ex. N –aminoacizi, amine, amide)

7.2. Faza lichidă a solului

Faza lichidă este o componentă foarte mobilă, dinamică, formată din apa ce pătrunde în spațiile capilare şi care conține dizolvate substanțe minerale, organice, precum şi cantități de O_2, CO_2 şi alte gaze. Faza lichidă în deplasarea ei în sol interacționează cu faza solidă şi se îmbogățeşte cu elemente minerale. Ea este principala sursă prin intermediul căreia plantele absorb elementele nutritive din faza solidă a solului. Apa prin acțiunea reciprocă cu gazele şi faza solidă a solului se îmbogățeşte cu ioni minerali, acizi, baze şi substanțe organice uşor solubile, aflate în stare de dispersie ionică, moleculară sau coloidală. Apa din sol se poate prezenta sub diferite forme, dintre care unele sunt uşor accesibile plantelor, iar altele mai puțin sau deloc.

Din punct de vedere agrochimic interesează formele accesibile plantelor. Prin faptul că faza lichidă a solului nu se poate extrage în totalitate, se distinge o parte care poate fi extrasă, denumită în mod obişnuit soluția solului **liberă - extractibilă**, şi o parte care nu poate fi extrasă (fiind reținută de forțele moleculare) decât prin procedee speciale (centrifugare, acțiunea vidului, presiune mare, înlocuire cu alte lichide etc.) numită şi soluția solului **legată - neextractibilă**.

În practică, din cauza greutății extragerii soluției solului şi a metodelor care nu permit obținerea ei nemodificată, pentru caracterizarea agrochimică a fazei lichide se foloseşte **extractul în apă**, o metodă convențională care nu caracterizează adevărata fază lichidă a solului. Din punct de vedere chimic, faza lichidă a solului este alcătuită din substanțe în stare de dispersare ionică, moleculară sau coloidală, de natură minerală sau organică, precum şi din gaze.

Din punct de vedere agrochimic soluția solului se caracterizează prin:

- compoziția chimică;
- concentrația sărurilor şi raportul dintre diferiți ioni;
- pH.

Sub raport chimic faza lichidă a solului e alcătuită din:

- **Componenta minerală**, cationi: H^+, K^+, Na^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}, NH_4^+, în mai mică măsură Fe^{2+} şi Al^{3+} şi anioni: OH^-, Cl^-, NO_3^-, HCO_3^-, SO_4^{2-}, $H_2PO_4^-$, HPO_4^{2-},

precum şi din hidroxizi de fier şi aluminiu şi silice coloidală. Concentrația medie a fazei lichide variază foarte mult de la un sol la altul, de la o zonă la alta, în medie fiind cuprinsă între 40 şi 100 me/l. Dintre cationi, calciul este de regulă în cantitatea cea mai mare.

- **Componenta organică** este reprezentată mai ales de părțile solubile sau coloidal-dispersabile ale humusului, produse de metabolism ale microorganismelor, unele secreții ale rădăcinilor (acid malic, zaharuri solubile, acid sulfuric etc.), substanțe organice rezultate în procesul de humificare.
- **Gazele** sunt o altă componentă a fazei lichide, reprezentate de O_2 şi CO_2 cu rol în procesele de alterare şi solubilizare. Bioxidul de carbon provine atât din descompunerea materiei organice, cât şi din respirația rădăcinilor.

Toate aceste componente (solide, lichide şi gazoase) au un caracter dinamic, datorită activității microbiologice şi a condițiilor mediului exterior (temperatură, umiditate, vegetație, aplicarea de îngrăşăminte, amendamente) din care cauză în cursul perioadei de vegetație conținutul soluției solului variază foarte mult.

Prin adăugarea de îngrăşăminte concentrația solului se modifică fie în sensul echilibrării, fie în cel al dezechilibrării. Astfel, pe solul neutru excesul de Ca reduce absorbția Fe şi B, ionul NH_4^+ reduce absorbția Ca, Mg şi K, iar P reduce absorbția Zn.

7.3. Faza gazoasă a solului

Faza gazoasă a solului este alcătuită din aerul din sol care ocupă spațiul lacunar care nu este ocupat de apă. Sub raport cantitativ între faza gazoasă şi cea lichidă există un raport antagonic. Aerul din sol provine din aerul atmosferic în cea mai mare parte, o mică parte din aerul din sol se găseşte dizolvat şi în faza lichidă a solului. Faza gazoasă a solului se poate forma parțial direct în sol fiind alcătuită de o serie de gaze care rezultă din descompunerea materiei organice sau în urma respirației microorganismelor sau rădăcinilor plantelor: CO_2, CH_4, NH_3, H_2S.

Sub aspect cantitativ între aerul din sol şi aerul atmosferic există o serie de deosebiri semnificative care implică anumite componente. Comparativ cu aerul atmosferic (21% O_2, 78% N_2 şi 0,03% CO_2), aerul din sol este mai bogat în CO_2 şi N_2 şi mai redus în O_2 (19% O_2, 79% N_2 şi 0,9% CO_2).

Faza **gazoasă** favorizează activitatea biologică din sol şi procesele de trecere a elementelor nutritive în forme accesibile plantelor. Gazele din sol sunt într-un schimb permanent cu atmosfera. Solul degajă aer îmbogățit cu CO_2 şi primeşte în schimb aer bogat în O_2. Schimbul are loc prin **difuziune**, în principal, şi **curgere liberă**. Datorită presiunii parțiale mai mari a CO_2 în aerul din sol şi a O_2 în atmosfera de deasupra solului se produce un curent de deplasare a CO_2 din sol în atmosferă şi a O_2 din atmosferă în sol. Prin **curgere liberă**, schimbul se datoreşte oscilațiilor de temperatură, intensității vântului, scăderii sau creşterii umidității solului (Davidescu V, 2000).

7.4. Formele elementelor nutritive din sol şi accesibilitatea lor pentru plante

Elementele nutritive se află în sol în **patru stări** diferite :

a) ***Forme totale*** **fixate în mineralele primare** (cristalizate sau amorfe), în cea mai mare parte sub forme greu solubile în apă şi greu accesibile pentru plante;

b) ***Forme potențial asimilabile*** **fixate în forme neschimbabile** în compuşi minerali cu solubilitate diferită şi accesibilitate redusă pentru plante;

c) ***Forme schimbabile*** **reținute la suprafața particulelor coloidale** ale solului, de unde pot trece prin schimb în soluția solului şi devin uşor accesibile;

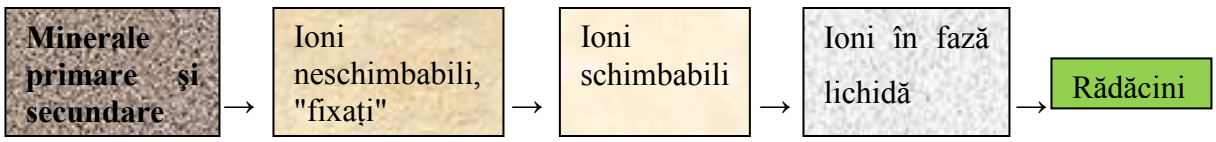
d) ***Forme solubile*** **dizolvate în faza lichidă a solului**, unde se află în dispersie ionică, moleculară sau coloidală şi de unde pot fi luate de către plante.

Acelaşi element poate fi întâlnit în toate cele patru stări, însă în raporturi diferite de la un sol la altul.

Cele mai multe dintre elementele nutritive se găsesc sub formă neschimbabilă în mineralele primare şi secundare. Principalele elemente conținute în cantități mai mari sunt: Si, Al, Ca, Mg, K, Fe, Na, P. Acestea nu pot fi absorbite direct de plante, ci numai după trecerea lor

în faza lichidă, în urma proceselor de dezagregare şi alterare. Ionii eliberați prin alterare o parte sunt reținuți prin procese de adsorbție de partea coloidală a solului, sau se recombină cu alți ioni şi precipită. Intensitatea alterării mineralelor primare şi secundare depinde în primul rând de temperatură, umiditate şi pH. (Davidescu V, 2000).

Elementele nutritive din sol până ajung în forme accesibile plantelor trec prin următoarele forme:



Formele de azot accesibile plantelor. Pentru plantele cultivate, cu excepția plantelor leguminoase, sursa principală de azot folosită în nutriție este dată de: ionul amoniu (NH_4^+), ionul nitric (NO_3^-) şi forma de azot amidic ($-NH_2$). Toate au aceeaşi valoare fiziologică. Utilizarea de către plantă a azotului nitric sau amoniacal depinde de condițiile de sol (pH), prezența altor ioni (Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^+, K^+) de plantă (specie, vârstă) şi de concentrația în soluție a ionului (NO_3^- şi NH_4^+).

În general, în sol aprovizionarea cu NO_3^- este mai abundentă decât cu NH_4^+, care în mod permanent are tendința să treacă prin oxidare în NO_3^-. Plantele preferă în general un raport NO_3^- : NH_4^+ în favoarea azotului nitric.

Dinamica N în sol variază în raport cu clima, care influențează temperatura din sol cu repercusiuni asupra activității microorganismelor, cu tipul de sol, astfel pe podzol avem cantități mici de azot, bacterii nitrificatoare puține, în schimb pe un cernoziom este invers. Primăvara timpuriu cantitatea de nitrați e scăzută, atinge în aprilie un maxim, scade în perioada secetoasă şi atinge al doilea maxim în septembrie (fig.14). Primăvara predomină în sol azotul amoniacal.

În raport cu cerințele plantelor prezența nitraților nu corespunde întotdeauna. Cerealele de toamnă, primăvara la înfrățire au nevoie de nitrați. În livezile de pomi, primăvara şi vara se simte nevoia de nitrați, toamna la coacerea lemnului necesarul e mai scăzut. Reglarea regimului de N în sol, în raport cu cerințele plantelor e una din măsurile agrochimice.

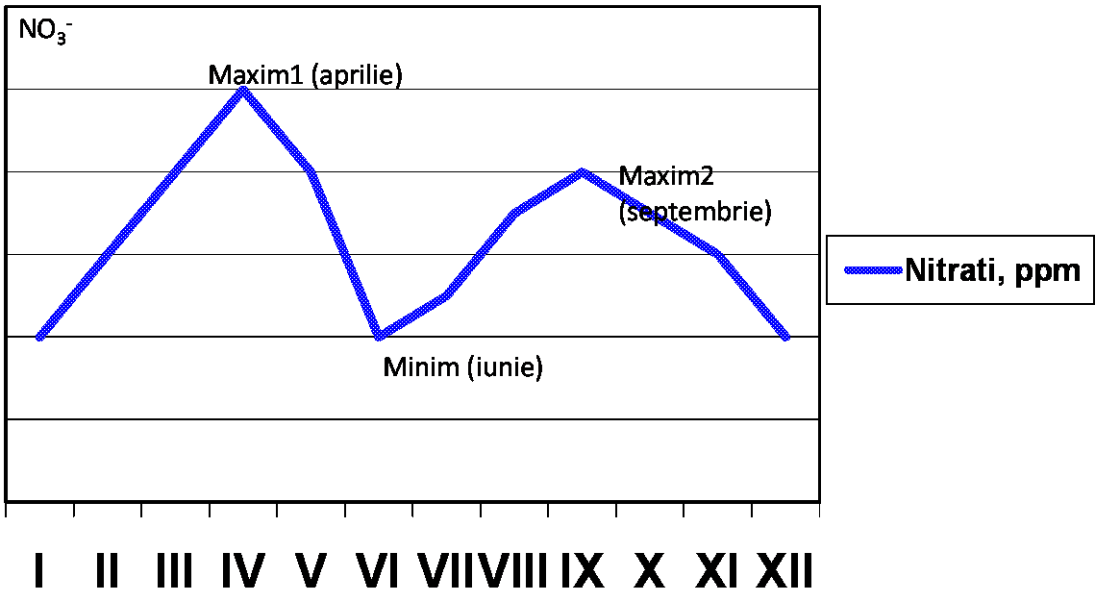


Fig. 14 Dinamica NO_3^- în sol

Formele de fosfor accesibile plantelor. Formele cele mai asimilabile pentru plante sunt sărurile acidului ortofosforic (H_3PO_4) sub formă de ioni $H_2PO_4^-$ şi HPO_4^{2-}. Pentru refacerea rezervelor de fosfor uşor asimilabile în stratul arabil nu există altă sursă importantă decât aplicarea îngrăşămintelor.

În sol se stabileşte un echilibru dinamic între diferitele forme de fosfor, care diferă de la un sol la altul şi care face ca în soluția solului să se găsească în permanență o cantitate de fosfor asimilabil variind între 0,01 şi 0,2 mg/l P_2O_5. Prin aplicarea îngrăşămintele chimice şi organice naturale se urmăreşte sporirea cantităților de fosfor uşor asimilabil.

Dinamica P este condiționată de:

- **Eliminarea CO_2** din descompunerea materiei organice ajută la solubilizarea compuşilor cu fosfor.
- Accesibilitatea fosforului în sol **depinde de pH-ul** acestuia, de reacțiile care duc la retrogradarea fosforului şi trecerea lui în compuşi cu calciu la un pH > 7,3 şi în compuşi

cu fier şi aluminiu la un pH < 5,5. Menţinerea pH-ului solului între 6 şi 7 duce la cea mai mare disponibilizare a fosforului din sol (fig.15).

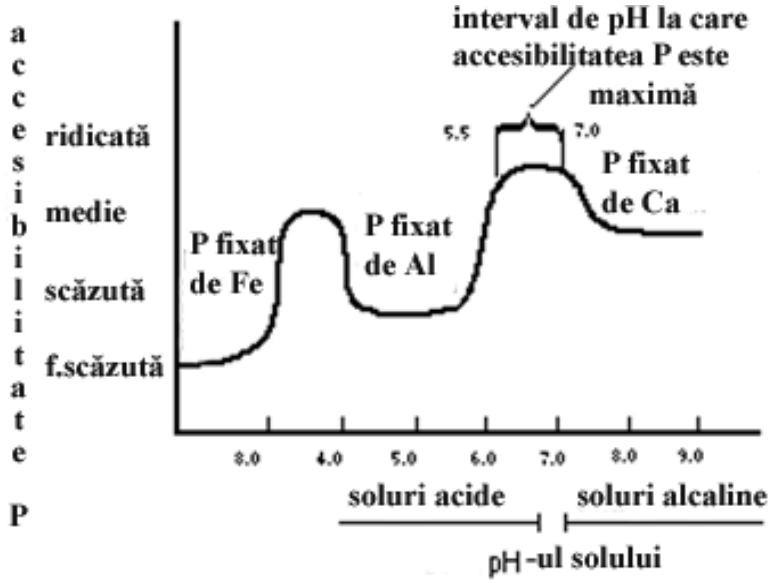


Fig. 15 Accesibilitatea fosforului în funcţie de pH-ul solului

(după University of Minnesota, 2002)

Formele de potasiu accesibile plantelor. Compuşii potasiului din sol după solubilitatea şi accesibilitatea lor pentru plante se pot grupa astfel:

- potasiu *insolubil* prezent în silicaţi complecşi;
- potasiu *interstratificat*, solubil în acizi (potenţial asimilabili) ca cel din: minerale secundare (argile), unele minerale primare (illit, mica);
- potasiu *adsorbit* (schimbabil) reţinut de complexul adsorbtiv al solului;
- potasiu prezent în *soluţia solului* şi cel din *compuşi solubili în apă* (cloruri, sulfaţi, nitraţi, carbonaţi).

Între diferitele forme de potasiu din sol există un anumit echilibru dinamic. Potasiul schimbabil şi cel din soluţia solului şi din săruri solubile în apă sunt formele cele mai accesibile pentru plante.

La noi în ţară, conţinutul solurilor în potasiu schimbabil este cuprins în medie între 5 şi 76 mg/100 g sol.

Ritmul în care rezerva de potasiu se reînnoieşte în soluția solului, pe baza hidrolizei silicaților, nu satisface întotdeauna nevoia plantelor de cultură, mai ales în condițiile de irigație, ca şi pentru unele plante care sunt mari consumatoare de potasiu (sfecla, vița de vie, pomii, floarea-soarelui etc.). Reînnoirea rezervei asimilabile se face mai rapid pe solurile argiloase şi în mai mică măsură pe cele nisipoase.

Dinamica K

Procesele chimice şi biologice favorizează trecerea formelor minerale şi organice în soluția solului. CO_2 dizolvat în apă măreşte solubilizarea substanțelor chimice. Prin mijloace agrotehnice şi agrochimice raționale trebuie să se intensifice transformarea substanțelor greu asimilabile în forme uşor asimilabile.

TEST DE EVALUARE

1. Ce reprezintă solul pentru plantele cultivate?

Răspuns:

Solul reprezintă pentru plantele cultivate **un suport** pentru creşterea sistemului radicular, **un rezervor** de substanțe nutritive şi **un intermediar** prin care se aplică îngrăşămintele şi amendamentele.

2. Care sunt limitele de variație a materiei organice în solurile din țara noastră?

Răspuns:

Exerciții.

Exemplu rezolvat:

1. Formele elementelor din sol accesibile pentru plante sunt:

a) Forme totale

b) Forme potențiel asimilabile

c) Forme solubile şi schimbabile

d) Forme totale şi potențial asimilabile

Rezolvare: c

De rezolvat:

2. Rolul materiei organice în sol:

a) Cimentarea agregatelor stabile, reglează permeabilitatea pentru aer şi apă

b) Micşorează capacitatea de adsorbție a solului

c) Favorizează levigarea elementelor nutritive

d) Inhibă activitatea microorganismelor

Rezolvare:

REZUMATUL TEMEI

Componentele solul

7.1. Faza solidă – 50% (minerală 45% şi organică 5%)

Componenta minerală a solului

Componenta organică a solului

Materia organică se clasifică din punct de vedere:

a. chimic: **substanțe humice, substanțe nehumice**

b. funcțional: **humus stabil, humus nutritiv**

c. morfogenetic: **humus brut (mor), moder, mull, turba**

Materia organică indice al fertilității. Raportul C/N. Raportul H/N

Însuşirile agrochimice ale materiei organice

Componenta anorganică (aluminosilicații) împreună cu cea organică formează complexul argilo-humic sau ***complexul adsorbtiv*** al solului.

7.2. Faza lichidă – soluția solului (25%)

7.3. Faza gazoasă (25%)

7.4. Formele elementelor nutritive din sol şi accesibilitatea lor pentru plante

a) *Forme totale* în mineralele primare

b) *Forme potențial asimilabile* fixate în forme neschimbabile

c) *Forme schimbabile* reținute la suprafața particulelor coloidale

d) *Forme solubile* dizolvate în faza lichidă a solului

Dinamica N, P, K în sol

Tema nr.8

Procesele de reținere din sol

Unități de învațare:

- Capacitatea de reținere mecanică
- Capacitatea de reținere fizică – adsorbția apolară
- Capacitatea de reținere fizico-chimică (polară) cu schimb
- Capacitatea de reținere chimică fără schimb – chemosorbția
- Capacitatea de reținere biologică

Obiectivele temei:

- Descoperirea şi învățarea tipurilor de reținere a nutrienților în sol. Definirea noțiunii de capacitatea de reținere a solului şi câte tipuri de adsorbție se deosebesc la nivelul complexului adsorbtiv. Mecanismele proceselor de reținere a ionilor în sol, factorii de care depinde adsorbția.

Timpul alocat temei: 2 ore

Bibliografie recomandată:

1. Davidescu D.,Velicica Davidescu, 1981. *Agrochimia modernă*. Ed. Academiei RSR Bucureşti.
2. FAO, 2006. *Plant nutrition for food security,* Food and Agriculture Organization of the United Nations, Roma.
3. Madjar Roxana, 2008. *Agrochimie* – Planta şi solul. Ed. INVEL Multimedia, Bucureşti.
4. Madjar Roxana, Velicica Davidescu, 2009. *Agrochimie.* USAMVB, Facultatea de Horticultură, Învățământ la distanță, Bucureşti

Faza solidă a solului, care reprezintă 50%, este alcătuită din 45% parte minerală şi 5% parte organică, are din punct de vedere al prezenței în sol a elementelor nutritive şi în relația cu îngrăşămintele, pe care tehnologul le aplică, una din cele mai importante proprietăți, aceea de reținere.

Capacitatea de reținere a solului este dată de totalitatea particulelor coloidale (minerale şi organice) care formează complexul adsorbtiv [CA]. În raport cu natura particulelor coloidale,

înlocuirile izomorfe, suprafața de ruptură, sarcinile complexului adsorbtiv pot fi ***pozitive*** sau ***negative,*** deci, se vor reține anioni sau cationi din soluția intermicelară**.**

În sol se deosebesc, după Ghedroiț, următoarele tipuri de reținere:

- Capacitatea de reținere mecanică;
- Capacitatea de reținere fizică (apolară);
- Capacitatea de reținere fizico-chimică (polară cu schimb);
- Capacitatea de reținere chimică (fără schimb - chemosorbția);
- Capacitatea de reținere biologică.

8.1.Capacitatea de reținere mecanică

Capacitatea de reținere mecanică este însuşirea pe care o are solul, ca orice corp poros, de a reține din apa care se infiltrează particulele aflate în suspensie, cu dimensiuni mai mari decât deschiderea porilor solului. Această însuşire depinde de alcătuirea granulometrică a solului, de structura şi de porozitatea lui. Datorită acestei însuşiri se reţin în straturile superioare diferite substanțe fin dispersate, semidescompuse, ca plasma microorganismelor, care contribuie la ridicarea fertilității orizontului arabil.

8.2.Capacitatea de reținere fizică – adsorbția apolară

Capacitatea de reținere fizică (adsorbția apolară) este însuşirea solului de a reține prin fenomene fizice, datorită energiei de suprafață (tensiunea superficială), atât substanțele gazoase, cât şi pe cele dispersate molecular în apă, moleculele în sol fiind reținute prin forțe de atracție sau coeziune. În modul acesta se modifică concentrația soluției solului şi alcătuirea ei calitativă. Această însuşire, care se manifestă la limita de separație dintre două faze (solidă-lichidă, solidă-gazoasă, lichidă- gazoasă), tinde să micşoreze suprafața de separare dintre faze datorită forțelor de atracție dintre molecule, forțe care în interiorul particulei se echilibrează, iar în exterior rămân nesatisfăcute.

Datorită tensiunii superficiale de la suprafața particulelor de sol, apa este reținută sub forma unei pelicule continue, în care se pot găsi dizolvate elemente nutritive.

Capacitatea de reținere fizică exercită influență asupra repartizării substanțelor nutritive din sol sau a celor introduse prin îngrășăminte, asupra capacității de gonflare şi hidratare precum şi, asupra diferitelor gaze din sol (NH_3, O_2, H_2, CH_4, CO_2, N_2 etc.) sau vapori (H_2O).

8.3. Capacitatea de reținere fizico-chimică (polară) cu schimb

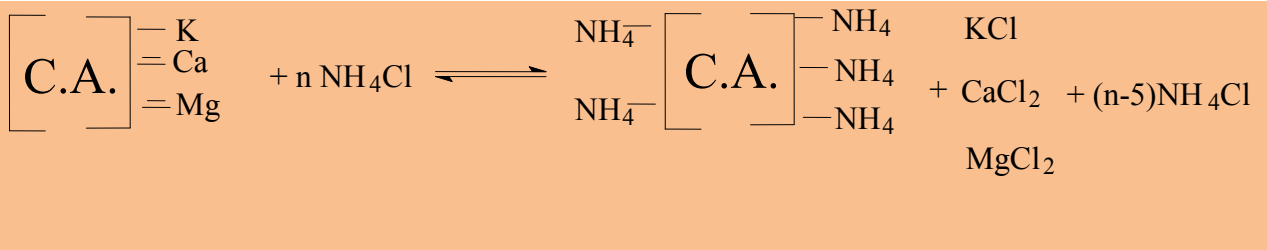
Capacitatea de reținere fizico-chimică cu schimb (adsorbția cu schimb cationic sau adsorbția polară) este însuşirea solului de a schimba cationii din faza solidă a solului cu o cantitate echivalentă de cationi din soluție.

Reținerea fizico-chimică se datoreşte în principal complexului adsorbtiv sau coloidal al solului (Ghedroiț). Se numeşte **complex** deoarece este alcătuit din partea minerală şi organică a solului şi **adsorbtiv** fiindcă are capacitatea să rețină prin schimb din soluția solului o serie de cationi datorită suprafețelor mari de contact, a dispersiei coloidale şi a sarcinilor electrice. Această însuşire este cu atât mai mare cu cât solurile au o alcătuire granulometrică mai fină, conținut mai ridicat în humus şi au raportul SiO_2/Al_2O_3 mai mic.

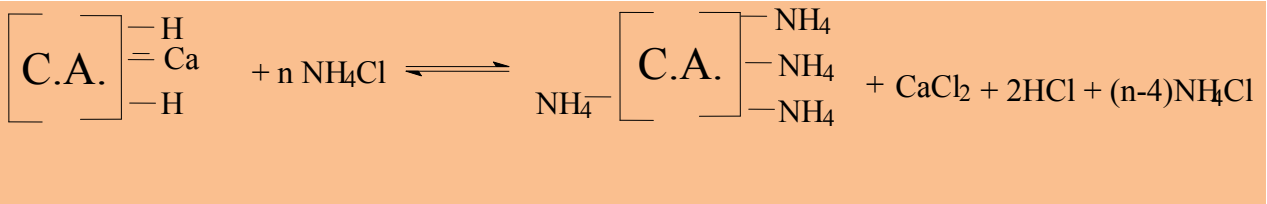
Reținerea polară cu schimb este proprie complexului adsorbtiv al solului. Complexul adsorbtiv, [C.A.], reprezintă totalitatea particulelor fin dispersate din faza solidă capabile să schimbe cationii adsorbiți cu cei din soluție.

Prin reacția schimbului de cationi dintre soluția solului şi faza solidă, partea coloidală a solului adsoarbe în primul rând cationii (Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^+, Na^+, H^+) din soluție, eliberând în schimb alți ioni cu sarcini pozitive. O astfel de reacție se petrece în mod schematic astfel:

Pe un sol saturat cu baze:



Când complexul coloidal nu este saturat decât parțial cu baze, iar restul cu ioni de hidrogen, reacția se petrece astfel:



Indici de caracterizare a adsorbției cu schimb cationic

Pentru caracterizarea însuşirilor de adsorbție cu schimb cationic se folosesc următorii indicatori:

Suma cationilor (Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^{+}, Na^{+}, NH_4^{+}) şi H^{+} adsorbiți (exprimați în me/100g material) capabili de schimb cu alți cationi din soluția solului se numeşte **capacitatea totală de schimb cationic (T).**

Capacitatea de schimb cationic (T) rezultă prin însumarea sumei bazelor schimbabile (S_B) cu conținutul în hidrogen schimbabil (S_H) sau cu aciditatea hidrolitică (A_h) rezultă astfel:

T (calculat în funcție de S_H) = $S_B + S_H$

T (calculat în funcței de A_h) = $S_B + A_h$

Suma bazelor schimbabile (S_B) exprimată în me (Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^{+}, Na^{+})/100g sol reprezintă suma cationilor determinați prin percolarea până la epuizare cu o soluție neutră de $AcNH_4$, 1n.

Conținutul în hidrogen schimbabil (S_H) al solului, sau **aciditatea hidrolitică totală,** reprezintă cantitatea de ioni de hidrogen **reținuți adsorbtiv**, capabili de schimb. Ea se notează cu S_H şi se exprimă în me/ 100 g sol. Se mai poate deduce din următoarea relație:

$$S_H = T - S_B$$

Aciditatea hidrolitică (A_h), exprimată în me/100g reprezintă aciditatea determinată prin titrarea acidului rezultat prin tratarea solului cu soluție de AcNa 1n, pH= 8,3.

Gradul de saturație cu baze (V) al solului se exprimă în procente şi reprezină în ce măsură capacitatea de schimb cationic (T) este satisfăcută cu cationii bazici. Se calculează uşor, dacă se cunoaşte suma bazelor schimbabile (S_B) şi cantitatea de hidrogen adsorbit (S_H). Gradul de saturație cu baze (V%) este dat de următoarea relație:

$$V = (S_B / T).100$$

Distingem astfel:

$$V\% = \frac{S_B}{S_B + S_H}$$ calculat în funcție de S_H

$$V\% = \frac{S_B}{S_B + A_h}$$ calculat în funcție de A_h

V% şi T calculat cu A_h se foloseşte la stabilirea solurilor acide şi la calculul dozei de amendament necesară neutralizării acidității potențiale, V% şi T calculate cu S_H sunt utile la caracterizarea şi clasificarea pedologică a solurilor (Rusu ş.a., 2005).

După modul în care predomină în complexul adsorbtiv cationii bazici (Ca, Mg, K, Na,) sau cei de hidrogen şi aluminiu solurile sunt **saturate** cu baze sau **nesaturate**. Pentru V < 50% solurile sunt nefavorabile, pentru T = 20-40 me/100g sol şi V = 70-90% solurile sunt favorabile.

Adsorbția ionilor din soluție este în fond un **schimb de cationi în cantități echivalente** între faza solidă a solului şi cea lichidă, mai poartă denumirea de schimb de baze. Însuşirea aceasta nu o are întreaga masă a solului, ci numai partea coloidală (argila, humusul etc). Schimbul este condiționat de conținutul în coloizi minerali, argile şi compoziția lor chimică. Capacitatea totală de adsorbție cu schimb cationic a solului depinde de natura argilelor (caolinit 3-15 me/100g, vermiculit 65-145 me/100g, montmorillonit 80 – 150me/100g).

Legile generale. Aceste legi cunoscute în mare parte încă de Way şi Thompson (1850) au fost confirmate de experimentări ulterioare.

1. În schimbul cationic dintre un complex adsorbtiv şi soluția unei sări, pentru fiecare cation intrat în complexul adsorbtiv trece din complex în soluție un alt cation de aceeaşi valență sau doi ori trei cationi cu valența de două ori, respectiv de trei ori mai mică. Schimbul de cationi are loc în cantități ***echivalente*.**

Această echivalență este evidențiată în reacția de schimb care are loc când se agită o probă de sol cu o soluție de clorură de amoniu :

$$Na^+ \left[\begin{matrix} Ca^{2+} \quad Mg^{2+} \\ \text{complex} \\ H^+ \quad Al^{3+} \end{matrix}\right] + K^+ + 10\,NH_4^+ + 10\,Cl^- \rightleftharpoons NH_4^+ \left[\begin{matrix} 2NH_4^+ \; 2NH_4^+ \\ \text{complex} \\ NH_4^+ \quad 3NH_4^+ \end{matrix}\right] + Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^+ + Na^+ + H^+ + Al^{3+} + 10\,Cl^-$$

2. Anionul sării nu ia parte la schimb, nu este adsorbit de argilă. Adsorbția este deci *polară.* Concentrația soluției în anioni rămâne constantă (Chiriță,1974).
3. Schimbul de ioni este un **proces reversibil**. O argilă saturată cu calciu poate schimba toți ionii de Ca cu ioni de K şi apoi această argilă saturată cu potasiu poate schimba ionii de K cu cei de Ca, revenind la starea inițială. Schimbul cationic are loc aproape **instantaneu**, înlocuirea poate fi făcută cu un alt cation sau chiar cu cel cu care a făcut schimbul – *adsorbția reversibilă.*

$$\left[C.A.\right]{=}Ca + 2NH_4NO_3 \rightleftharpoons \left[C.A.\right]\begin{matrix} -NH_4 \\ -NH_4 \end{matrix} + Ca(NO_3)_2$$

$$\left[C.A.\right]\begin{matrix} -NH_4 \\ -NH_4 \end{matrix} + Ca(NO_3)_2 \rightleftharpoons \left[C.A.\right]{=}Ca + 2NH_4NO_3$$

4. În procesul schimbului de cationi se stabileşte un echilibru, numit *echilibru de schimb*. Echilibrul dinamic ce se stabileşte între ionii adsorbiți şi soluția solului este un echilibru chimic. Cantitatea de cationi adsorbită la realizarea echilibrului de schimb nu depinde de concentrația soluției în echivalenți-gram de sare folosită, ci de concentrația în ioni a soluției. Echilibrul de schimb poate fi modificat prin aplicarea îngrăşămintelor, activitatea microorganismelor, eliminarea de CO_2 etc.
5. Temperatura nu are influențe apreciabile asupra echilibrului final, însă intensitatea schimbului depinde foarte mult de temperatură. Temperatura deplasează starea de

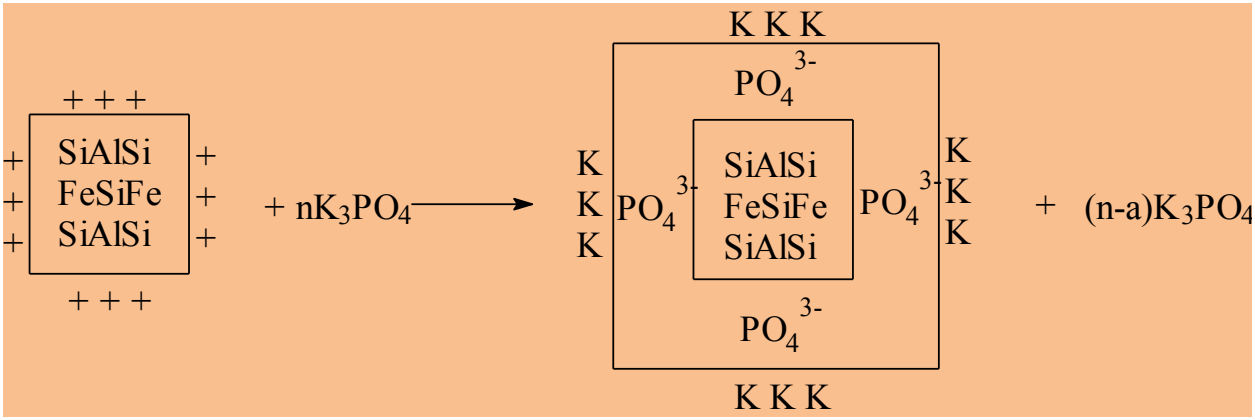
echilibru cu atât mai mult cu cât se schimbă cationi cu putere de schimb diferită şi pe măsură ce se formează compuşi cu grad de disociere diferit.

6. Schimbul de cationi este o reacţie practic **instantanee**, adică îndată ce soluţia vine în contact cu particulele coloidale ale solului Viteza de reacţie fiind aproape instantanee pentru reacţiile de schimb de la suprafaţa micelei coloidale şi lentă pentru cele ce se produc în interiorul micelei, unde intervine fenomenul de difuzie.

8.4. Capacitatea de reţinere chimică fără schimb - chemosorbţia

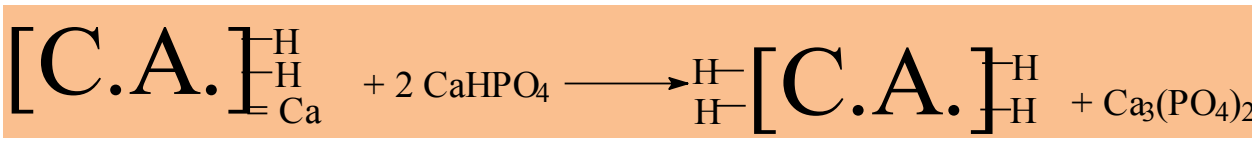
Capacitatea de reţinere chimică sau fără schimb este caracteristică tuturor ionilor (excepţie face NO_3^- şi Na^+). Trecerea ionilor din starea schimbabilă în cea neschimbabilă duce frecvent la imobilizarea substanţelor nutritive pentru plante. Reţinerea cationilor fără schimb, apare datorită unei adsorbţii ionice în urma căreia se formează un compus greu solubil la interfaţa dintre faza solidă şi cea lichidă. Reţinerea cationilor fără schimb are rol important în insolubilizarea ionului fosfat.

Pe suprafaţa de ruptură a particulelor de argilă se pot găsi ioni de Fe, Al, Ca, Mg, K, cu valenţă nesatisfăcută şi astfel se poate reţine din soluţia solului ionul fosfat cu formare de compuşi greu solubili ($AlPO_4$, $FePO_4$).



Reacţia de la interfaţa dintre faza solidă şi cea lichidă se petrece după aceeaşi lege a formării de produşi greu solubili.

Retrogradarea. Reacţia prin care sărurile solubile trec în săruri greu solubile sau insolubile se numeşte **retrogradare.** Îngrăşămintele cu fosfor sunt expuse procesului de retrogradare în solurile saturate cu ioni de calciu.



Când în sol predomină hidroxizii liberi de Fe şi Al, insolubilizarea ionului fosforic este favorizată.

În solurile acide au loc următoarele reacţii:

$$Fe(OH)_3 + H_3PO_4 \rightarrow FePO_4 + 3H_2O$$

$$Al(OH)_3 + H_3PO_4 \rightarrow AlPO_4 + 3H_2O$$

Fenomenul de retrogradare este nefavorabil prin faptul că insolubilizează o parte din îngrăşăminte şi este favorabil atunci când împiedică de la levigare unele substanţe. Există compuşii care în urma reacţiilor chimice nu dau combinaţii insolubile sau greu solubile, ca de exemplu: sărurile acidului azotic şi compuşii cu sodiu, care nu se reţin chimic.

8.5. Capacitatea de reţinere biologică

Capacitatea de reţinere biologică este însuşirea pe care o are solul de a reţine din soluţia solului diferite substanţe prin plantele cu şi fără clorofilă. Reţinerea biologică se datoreşte atât microorganismelor din sol, cât şi plantelor superioare (Davidescu D şi V., 1981).

Microorganismele folosesc materia organică din sol ca material energetic şi pentru construirea corpului lor. Eficiența îngrăşămintelor minerale este mai mare dacă sunt aplicate odată cu cele organice, deoarece fiind mai puțin folosite de microorganismele din sol, decât cele organice, rămân la dispoziția plantelor.

Reținerea biologică prezintă importanță în reținerea azotului şi oprirea acestuia de la levigare, mai ales dacă ținem cont şi de faptul că azotul nu este reținut decât în mică măsură prin fenomene fizico-chimice. Tot pe cale biologică sunt reținute şi importante cantități de fosfor, potasiu şi alte substanțe care participă la alcătuirea părților vii ale microorganismelor.

TEST DE EVALUARE

1. Care sunt componentele care determină capacitatea de reținere fizico-chimică a solului ?

Răspuns:

Reținerea fizico-chimică se datoreşte în principal complexului adsorbtiv sau coloidal al solului. Se numeşte **complex** deoarece este alcătuit din partea minerală şi organică a solului şi **adsorbtiv** fiindcă are capacitatea să rețină prin schimb din soluția solului o serie de cationi datorită suprafețelor mari de contact, a dispersiei coloidale şi a sarcinilor electrice.

2. La ce valori ale pH-ului are loc retrogradarea fosforului în sol prin precipitare şi formarea unor unor produşi greu solubili ?

Răspuns:

Exerciții.

Exemplu rezolvat:

1. Capacitatea de reținere chimică se mai numeşte şi:

a) Schimb de baze

b) Apolară

c) Fără schimb – chemosorbție

d) Polară cu schimb

Rezolvare: c

De rezolvat:

2. Capacitatea de reținere fizică a solului se datorează:

a) Tensiunii superficiale şi forțelor de atracție a moleculelor

b) Porozității solului

c) Complexului adsorbtiv

d) Înlocuiriilor izomorfe

Rezolvare:

REZUMATUL TEMEI

Procesele de reținere din sol

8.1.Capacitatea de reținere mecanică

8.2.Capacitatea de reținere fizică – adsorbția apolară

8.3. Capacitatea de reținere fizico-chimică (polară) cu schimb

Indici de caracterizare a adsorbției cu schimb cationic: **T, S_B, S_H, A_h, V**

Legile generale ale schimbului ionic

Schimbul de cationi are loc în cantități ***echivalente.***

Schimbul de ioni este un **proces reversibil**.

Schimbul cationic are loc aproape **instantaneu.**

În procesul schimbului de cationi se stabileşte **echilibru de schimb.**

8.4. Capacitatea de reținere chimică fără schimb - chemosorbția

Reacția prin care sărurile solubile trec în săruri greu solubile sau insolubile se numeşte **retrogradare.**

8.5. Capacitatea de reținere biologică

Tema nr. 9

Fertilitatea, însuşirea principală şi fundamentală a solului

Unităţi de învaţare:

- Noţiunea de fertilizate a solului
- Principalele însuşiri agrochimice ale solului ce caracterizează starea de fertilitate a solului. Reacţia solului şi semnificaţia ei agrochimică.

Obiectivele temei:

- Insuşirea unor noţiuni definitorii privind fertilitatea solului.
- Semnificaţia agrochimică a reacţiei solului.

Timpul alocat temei: 2 ore

Bibliografie recomandată:

1. Davidescu D.,Velicica Davidescu, 1981. *Agrochimia modernă*. Ed. Academiei RSR Bucureşti.
2. FAO, 2006. *Plant nutrition for food security,* Food and Agriculture Organization of the United Nations, Roma.
3. Madjar Roxana, 2008. *Agrochimie* – Planta şi solul. Ed. INVEL Multimedia, Bucureşti.
4. Madjar Roxana, Velicica Davidescu, 2009. *Agrochimie.* USAMVB, Facultatea de Horticultură, Învăţământ la distanţă, Bucureşti.

9.1. Noţiunea de fertilitate a solului

Prin aplicarea îngrăşămintelor, amendamentelor, tehnologiei de cultură se poate schimba, în mare măsură, direcţia şi mersul proceselor chimice şi biochimice din sol, precum şi **starea de fertilitate.** Proprietatea de bază, care deosebeşte solul de rocă, o constituie **fertilitatea**, care reprezintă caracterul calitativ al solului independent de gradul său de dezvoltare cantitativă.

Fertilitatea solului[2] este capacitatea solului de a pune la dispoziția plantelor verzi în tot cursul perioadei de vegetație **în mod permanent şi simultan substanțe nutritive şi apă** în cantități îndestulătoare față de nevoile acestora şi de a asigura condițiile fizice, chimice şi biochimice necesare creşterii şi dezvoltării în ansamblul satisfacerii şi a celorlalți factori de vegetație. Fertilitatea solului este proprietatea solului de a produce recolte.

Fertilitatea este dată de proprietăți ale solului:

- Fizice (textură, structură, porozitate, temperatură, eroziune);
- Chimice (suma bazelor schimbabile, capacitatea de schimb cationic, pH);
- Biologice (faună, activitatea microorganisme);
- Regimul elementelor nutritive (macro- şi microelemente);
- Regimul de apă (reținere, transport, nivelul pânzei freatice);

Există o serie de proprietăți ale solului cu ***caracter stabil,*** pe care omul nu le poate influența, alcătuirea granulometrică, conținutul total în elemente şi proprietăți cu ***caracter dinamic,*** care se schimbă uşor prin măsuri agrotehnice şi agrochimice: structura solului, capacitatea de adsorbție, pH, conținutul în humus, conținut în apă şi substanțe uşor accesibile.

Fertilitatea solului poate fi:

- *Fertilitatea naturală – potențială*, se dezvoltă în procesul unitar de solificare;
- *Fertilitatea efectivă - reală* este rezultatul activității de producție a omului.

Pentru *îmbunătățirea fertilității* solului trebuie **acționat în direcția favorizării proceselor chimice şi biochimice** din sol pentru a se asigura:

- Prezența în sol în mod continuu a substanțelor nutritive necesare plantelor, în forme uşor asimilabile şi în raporturi corespunzătoare.
- O concentrație a soluției care să nu fie toxică pentru plante.
- Lipsa substanțelor cu acțiune toxică pentru plante
- Crearea în sol a unor **reacții** şi condiții de **oxido-reducere** favorabile pentru nutriția plantelor şi dezvoltarea **microorganismelor folositoare**.

[2] definită din punct de vedere agrochimic

9.2. Principalele însuşiri agrochimice ale solului ce caracterizează starea de fertilitate a solului. Reacţia solului şi semnificaţia ei agrochimică.

Reacţia solului reprezintă proprietatea solului de a se comporta ca un donor sau ca un acceptor de protoni (ioni de H^+) prin capacitatea acestuia de a menţine o anumită concentraţie a ionilor de hidrogen (H^+) şi de hidroxil (HO^-) în soluţia solului. Concentraţia ionilor de hidrogen (H^+) şi a hidroxililor (OH^-) în faza lichidă a solului determină aciditatea sau bazicitatea acestuia. Reacţia solului poate fi bazică atunci când acceptă protoni şi acidă atunci când donează protoni, solul reacţionează ca bază care neutralizează acizii sau ca acid care neutralizează bazele. În faza lichidă a solului, concentraţia ionilor de hidrogen este cuprinsă de obicei între 10^{-4} la 10^{-9} echivalenţi gram la litru. Söressen propune în 1909 exprimarea activităţii ionilor de H^+ dintr-o soluţie prin **valori pH** (pondus hydrogenii), care reprezintă logaritmul negativ al concentraţiei ionilor de hidrogen.

$$\mathbf{pH = -lg\ [H^+]} \text{ sau } \mathbf{pH = -log a_H}$$

Determinarea pH se face în apă sau în soluţiile unor săruri neutre, KCl sau $CaCl_2$, valoarea pH determinat în apă este mai mare cu 0,5-1 unitate de pH, media fiind de 0,75 unităţi pH faţă de pH-ul determinat în soluţii saline deoarece în acestea disociază şi ionii de H^+ adsorbiţi labil în complexul argilo-humic.

Determinarea pH se poate face prin metode colorimetrice în extract apos sau salin de sol, dar metoda cea mai exactă şi precisă de determinare a pH-ului este metoda potenţiometrică introdusă pentru prima dată de către savantul român Teodor Saidel în 1913. pH-ul se determină prin imersarea unui cuplu de electrozi în suspensia apoasă sau salină a solului, un electrod este de referinţă cu potenţial constant (electrodul de calomel) şi un electrod de sticlă cu potenţial variabil funcţie de concentraţia ionilor de H^+ din suspensie.

Aciditatea actuală ($\mathbf{A_a}$) sau liberă se exprimă prin pH şi este dată de concentraţia ionilor de hidrogen din soluţia solului, depinde de prezenţa sau absenţa carbonaţilor şi bicarbonaţilor (de calciu, sodiu etc.) care imprimă soluţiei caracter bazic. Dacă felul cationilor absorbiţi constituie principalul factor de care depinde pH-ul soluţiei solului, trebuie să ţinem cont de faptul că valoarea pH-ului mai depinde şi de gradul de saturare cu baze, de raportul dintre bazele schimbabile şi de natura micelei coloidale.

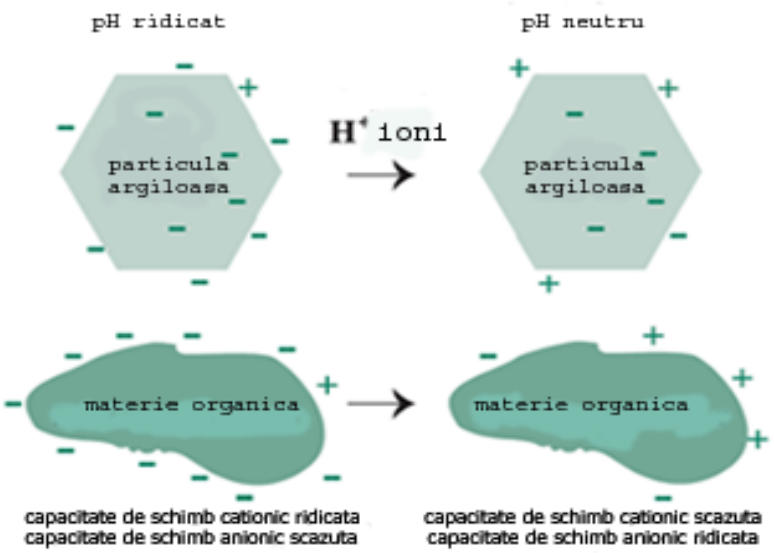


Fig. 16 Efectul pH-ului asupra capacităii de schimb cationic şi anionic evidenţiat pentru particulele de argilă şi materia organică din sol (după Clain Jones şi Jeff Jacobsen)

Scăderea pH-ului provoacă scăderea capacităţii de schimb cationic şi creşterea capacităţii de schimb anionic prin adiţionarea de particule încărcate cu sarcini pozitive, ionii de H^+ (fig.16). Reacţia solului se apreciază după valoarea pH-ului determinat în soluţie apoasă sau în soluţie salină după scala prezentată în tabelul 12.

Tabelul 12

Reacţia solului după valoarea pH-ului (0 - 20 cm)

(după Davidescu D. şi V., 1999)

Reacţia solului	**pH-ului**	
	în suspensie salină 1:2,5	**în suspensie apoasă 1:2,5**
Extrem de acidă		<3,50
Foarte puternic acidă		3,51-4,30
Puternic acidă	3,50	4,31-5,00
Moderat acidă	3,51-4,20	5,01-5,80
Slab acidă	4,21-5,00	5,81-6,40
Foarte slab acidă	5,01-6,00	6,41-6,80
Neutră	6,01-6,50	6,81-7,20
Foarte slab alcalină		7,21- 7,50
Slab alcalină		7,51- 8,00
Moderat alcalină		8,01- 8,40
Puternic alcalină		8,41- 9,00
Foarte puternic alcalină		9,01-10,00
Extrem de alcalină		>10,10

A_a, aciditatea actuală se determină în apă pură, liberă de CO_2, apa fiind un electrolit slab disociază în ioni conform ecuației:

$$2H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + HO^-$$

La temperatura de 25°C, în stare disociată 1 l apă pură pune în libertate un ion gram de H^+ şi un ion gram de ioni de HO^-. Apa pură deține un număr egal de ioni de hidrogen, H^+ (sau hidroniu H_3O^+) şi de hidroxil (OH^-), având o reacție neutră:

$$[H_3O^+] = [OH^-] = 1.10^{-7}$$

pH = 7, reprezintă pH neutru cu $[H^+] = [OH^-]$,

pH < 7 , caracterizează mediu acid cu $[H^+] > [OH^-]$,

pH > 7, caracterizează mediu bazic cu $[H^+] < [OH^-]$, domeniul de variație fiind între 0÷14, iar pentru soluri domeniul se limitează pentru 3,5 ÷10,1 (tabelul 12).

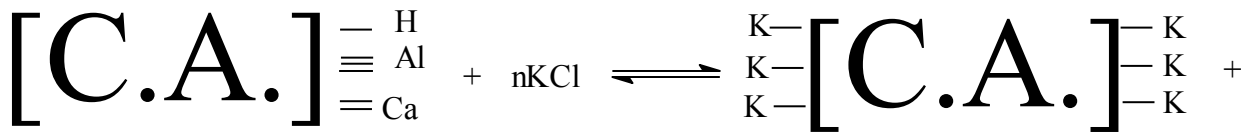
Formele acidității din sol.

Aciditatea este dată atât de ionii de hidrogen aflați liberi în soluția solului (aciditatea actuală), cât şi de ionii de H^+ şi Al^{3+} adsorbiți (aciditatea potențială) la suprafața particulelor coloidale, ionii de H^+ provin prin disocierea grupărilor carboxil –COOH, hidroxil –OH din acizii humici, din grupările funcționale hidroxil ale mineralelor argiloase, ionii de Al^{3+} proveniți din polimeri hidratați ai ionilor de Al şi din grupările funcționale ale complexului humico-aluminic (după Rusu ş.a., 2005).

Aciditatea actuală (A_a) sau **liberă** este caracterizată prin pH, indicator numeric al reacției solului.

Aciditatea potențială se pune în evidență prin următoarele mărimi:

Aciditatea uşor schimbabilă A_s, numită şi aciditate titrabilă A_e (aciditate efectivă), este determinată de ionii de H^+ şi de cei de Al^{3+} adsorbiți la suprafața complexului adsorbtiv, care prin hidroliză generează ioni de H^+ şi se poate evalua prin tratarea solului cu o soluție de KCl 1n, sare neutră netamponată. Această aciditate titrabilă nu ține cont de disocierea ionilor de H^+ proveniți din grupările funcționale ale complexului adsorbtiv.

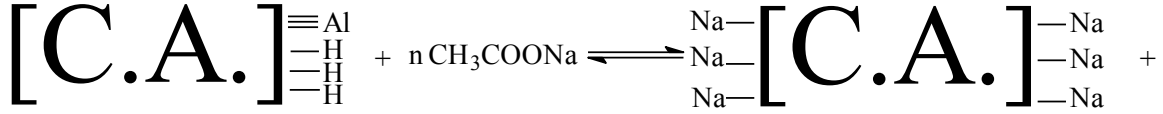


$$+ HCl + CaCl_2 + AlCl_3 + (n\text{-}6)KCl$$

În soluția solului se formează acidul clorhidric, dar şi clorura de aluminiu, care este o sare cu hidroliză acidă şi formează cu apa acid clorhidric.

$$AlCl_3 + 3H_2O \rightarrow Al(OH)_3 + 3HCl$$

Aciditatea hidrolitică A_h reprezintă parțial aciditatea potențială se numeşte şi aciditate greu schimbabilă şi se determină prin tratarea solului cu soluție de săruri cu hidroliză alcalină, cum este CH_3COONa 1n după Kappen sau CH_3COOK, tamponată la pH 8,25. Aciditatea hidrolitică este dată de ionii de H^+ puternic reținuți de **[CA]**, mobilizați la valori ale pH-ului mai mari de 5,5-5,8, ionii de H^+ provin din grupările funcționale ale acizilor humici disociați la valori mai mari de pH_i (izoelectric) şi din polimerii hidratați de aluminiu ce dețin sarcină dependentă de pH. **A_h** se foloseşte frecvent la stabilirea dozelor de amendamente calcaroase pentru solurile acide.



$$+ 3\ CH_3COO^-H^+ + Al^{3+} + (n\text{-}6)\ CH_3COONa$$

Aciditatea de schimb totală S_H reprezintă suma ionilor de hidrogen adsorbiți şi se determină prin trecerea lor în soluție prin percolarea la epuizare a solului cu o soluție alcalină de acetat, tamponată la pH 8,25.

Aciditatea de neutralizare A_n este dată de cantitatea de ioni de H^+ adsorbiți şi trecuți în soluție prin tratarea solului cu o bază iar cantitativ include şi ionii de H^+ din soluția solului fiind de fapt aciditatea totală a solului.

Exprimarea acestor indicatori ai acidității se face în me/100g sol iar ca ordine de mărime ierarhia este următoarea:

$$\mathbf{A_a < A_S < A_h < S_H < A_n}$$

Conținutul de Al schimbabil în soluri este cea mai importantă sursă de aciditate, datorită formării unor săruri care hidrolizează uşor conducând la apariția unor cantități de ioni de hidrogen în soluția solului. Se determină prin extracție în KCl sau $CaCl_2$ prin metoda Sokolov, 1960. Conținutul de Al schimbabil reprezintă un indicator agrochimic, care alături de pH şi gradul de saturație în baze V% participă la stabilirea nevoii de amendare a solurilor.

Aciditatea actuală dată de activitatea ionilor de hidrogen şi exprimată în unități de pH reprezintă indicatorul calitativ în evaluarea reacției solului, iar aciditatea potențială exprimată de aciditatea titrabilă reprezintă parametrul cantitativ al acidității din sol.

Formele de alcalinitate din sol

Eugene Hilgard a fost primul care a studiat alcalinitatea solurilor în 1906, dar progrese demne de semnalat sunt atribuite lui Kelly, Hissink, Ghedroiț şi Sigmond, care au abordat problema alcalinității din perspectiva schimbului cationic. Investigațiile au stabilit efectul dominant al schimbului cationului de Na asupra proprietăților fizice ale solului şi asupra accesibilității ionilor pentru plante în condiții de alcalinitate.

Alcalinitatea este un fenomen natural sau poate fi provocat de activitatea umană. Dezvoltarea pe cale naturală a alcalinității se datorează eliberării carbonatului de sodiu prin udarea solurilor. Alcalinitatea poate fi indusă prin aplicarea îngrăşămintelor şi apei de irigare cu conținut ridicat în bicarbonat de sodiu.

Alcalinitatea solurilor este des asociată cu salinitatea şi sodicitatea solurilor. Pentru a nu apărea confuzii putem defini salinitatea ca o stare determinată de acumularea sărurilor solubile în sol şi apariția solurilor saline, salinizate. Alcalinitatea este starea determinată de saturația cu sodiu a complexului adsorbtiv care prin reacția cu apa bogată în CO_2, generează surse de alcalinitate prin formarea ionilor OH^-, consecința fiind solurile sodice, alcalice. Alcalinitatea este însuşirea pe care o are soluția solurilor saline, alcalice şi saline-alcalice. (după Rusu ş.a., 2005)

Alcalinitatea solurilor generată de prezența carbonatului de sodiu în sol este explicată prin disocierea carbonatului de sodiu la dizolvarea lui în apă, în $2Na^+$ şi CO_3^{2-}. Carbonatul de sodiu poate reacționa cu apa şi generează CO_2, hidroxid de sodiu (NaOH), care este o bază tare, cu pH>10.

Reacția Na_2CO_3 cu H_2O se prezintă astfel: $\mathbf{2Na^+ + CO_3^{2-} + 2\ H_2O \rightarrow 2Na^+ + 2OH^- + H_2CO_3}$

Acidul carbonic este instabil şi se descompune în H_2O şi CO_2 care se degajă fiind un gaz. Astfel se explică alcalinitatea ramasa sub formă de hidroxid de sodiu solubil.

Intervalul optim pentru pH este caracteristic solurilor neutre (6,8-7,2) sau foarte slab acide (6,3-6,8), plantele nu se pot adapta la valori ale pH-ului sub 4,3 sau peste 8,4.

Cantitatea de calciu şi magneziu în forme schimbabile, scade la un pH< 4, foarte puternic acid şi creşte solubilitatea aluminiului, fierului, borului şi manganului, care pot avea efect toxic pentru plante. Din punct de vedere al nutriției plantelor, pH-ul are implicații directe asupra mobilității şi accesibilității elementelor nutritive în sol.

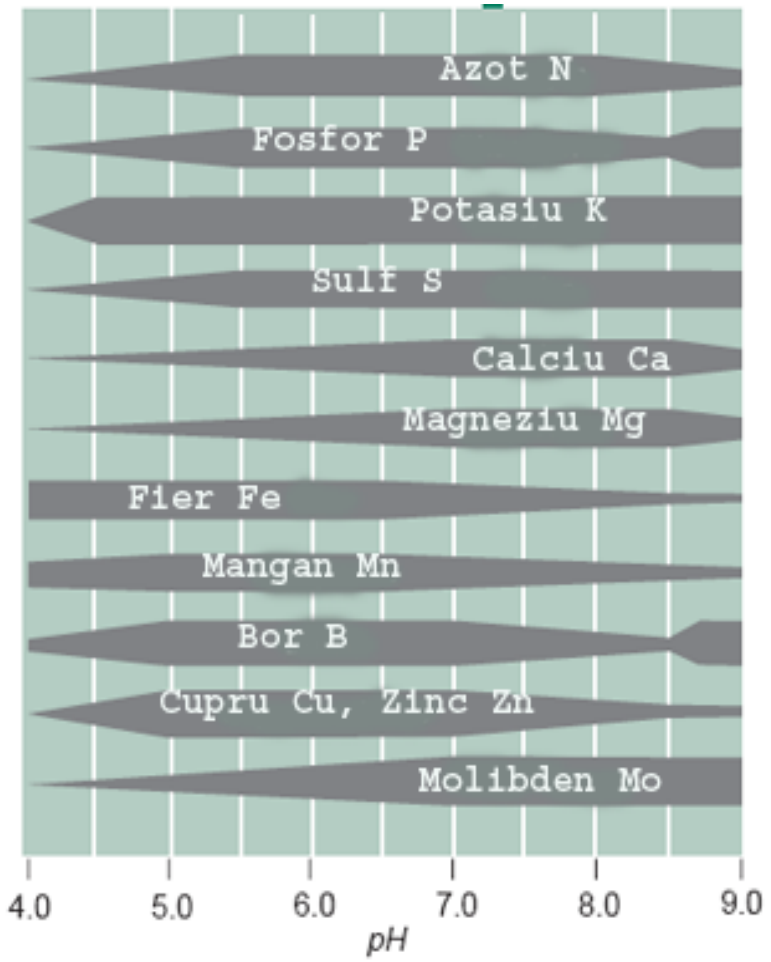


Fig. 17 Efectul pH-ului solului asupra mobilității elementelor nutritive în sol

(după Hoeft ş,a., 2000)

Grosimea benzii din fig. 17 indică gradul de accesibilitate al elementului nutritiv în funcție de pH-ul solului.

În schimb, dacă reacția soluției solului este **bazică**, în prezența calciului şi magneziului schimbabil se formează săruri mai puțin solubile, ca fosfatul secundar de calciu, $CaHPO_4$, sau fosfatul terțiar de calciu, $Ca_3(PO_4)_2$. De asemenea, compuşii fierului, manganului şi zincului trec sub forme greu solubile, mai puțin accesibile pentru plante. Din această cauză o serie de culturi manifestă semnele insuficienței acestor elemente.

TEST DE EVALUARE

1.Care sunt formele acidității din sol ?

Răspuns:

Aciditatea este dată atât de ionii de hidrogen aflați liberi în soluția solului (aciditatea actuală), cât şi de ionii de H^+ şi Al^{3+} adsorbiți (aciditatea potențială) la suprafața particulelor coloidale.

2. Care sunt formele de alcalinitate din sol ?

Răspuns:

Exerciții.

Exemplu rezolvat:

1. Pe scara de apreciere a valorii pH a solurilor intervalul optim pentru majoritatea plantelor este:

a) 3,51- 4,30

b) 5,01- 5,80

c) 6,80-7,20

d) 8,01-8,40

Rezolvare: c

De rezolvat:

2. Aciditatea actuală în sol reprezintă un indice:

a) Calitativ de apreciere a acidității

b) Cantitativ de apreciere a acidității

c) Cantitativ pentru calcularea dozei de amendament

Rezolvare:

REZUMATUL TEMEI

Fertilitatea, însuşirea principală şi fundamentală a solului

9.1. Noțiunea de fertilitate a solului

Fertilitatea naturală – potențială a solului se dezvoltă în procesul unitar de solificare.

Fertilitatea efectivă - reală este rezultatul activității de producție a omului.

9.2. Principalele însuşiri agrochimice ale solului ce caracterizează starea de fertilitate a solului. Reacția solului şi semnificația ei agrochimică.

Formele acidității din sol.

Aciditatea este dată atât de ionii de hidrogen aflați liberi în soluția solului (**aciditatea actuală**), cât şi de ionii de H^+ şi Al^{3+} adsorbiți (**aciditatea potențială**) la suprafața particulelor coloidale.

Formele de alcalinitate din sol

Tema nr. 10

Corectarea reacției acide a solului

Unități de învațare:

- Procesul de debazificare a solului
- Repartizarea solurilor acide în țara
- Evaluarea calitativă şi cantitativă a acidității solurilor, importanța cuantificării acidității pentru calculul dozelor de amendamente
- Efectele amendării asupra proprietăților solului.

Obiectivele temei:

- Corectarea reacției acide a solurilor şi calcularea dozei de amendament.
- Identificarea surselor de acidifiere din sol.
- Definirea noțiunii de amendament şi a procesului de amendare a solurilor acide.
- Caracterizarea principalelor amendamente folosite pentru corectarea recției acide.
- Transformările amendamentelor în solurile acide.
- Epoca de încorporare a amendamentelor.
- Amendarea solurilor acide pentru menținerea reacției.
- Stabilirea nevoii de amendament prin apreciere calitativă.
- Stabilirea dozei de amendament pentru solurile acide.

Timpul alocat temei: 2 ore

Bibliografie recomandată:

1. Davidescu D.,Velicica Davidescu, 1981. *Agrochimia modernă*. Ed. Academiei RSR Bucureşti.
2. FAO, 2006. *Plant nutrition for food security,* Food and Agriculture Organization of the United Nations, Roma.
3. Madjar Roxana, 2008. *Agrochimie* – Planta şi solul. Ed. INVEL Multimedia, Bucureşti.
4. Madjar Roxana, Velicica Davidescu, 2009. *Agrochimie.* USAMVB, Facultatea de Horticultură, Învățământ la distanță, Bucureşti.

10.1.Procesul de debazificare a solului

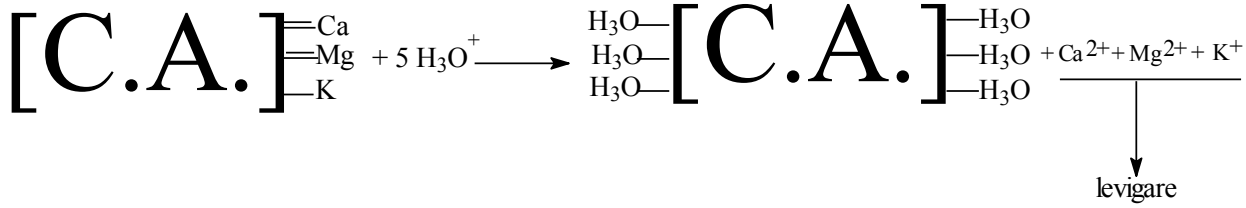
Solul suferă în permanență o debazificare, mai mică sau mai mare în intensitate, şi prin acest proces creşte conținutul de ioni de H^+ şi Al^{3+}. Un factor important in procesul debazificării este bioxidul de carbon (CO_2) din sol. Acidul carbonic (H_2CO_3) este un acid slab care se găseşte sub formă de bioxid de carbon şi apă, prin cedarea unui proton apei formează ionul hidroniu şi ionul bicarbonat.

$H_2O + CO_2 \rightarrow H_2CO_3$

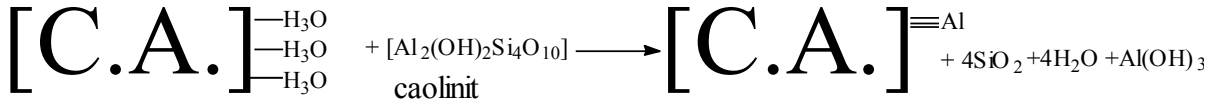
$H_2CO_3 + H_2O \rightarrow H_3O^+ + HCO_3^-$

$HCO_3^- + H_2O \rightarrow H_3O^+ + CO_3^{2-}$

Prin reacția de schimb cationic cu ionii complexului adsorbtiv, ionul hidroniu trece pe complex astfel complexul adsorbtiv al solului devine saturat cu ioni de hidrogen (sau hidroniu), iar cationii rezultați prin schimb se pierd prin levigare pe profilul solului. Ionul de calciu este spălat mai uşor decât ionii de magneziu şi potasiu, procesul depinde de proprietățile şi caracteristicile ionului expus procesului de levigare.



Prin debazificare, locul bazelor de pe complexul adsorbtiv este ocupat de ionul hidroniu, aciditatea creşte şi astfel se creează condiții favorabile solubilizării compuşilor cu aluminiu, care vor înlocui apoi prin schimb ionul hidroniu din complex. Natura acidității din sol provine atât din fracțiunea minerală cât şi din cea organică. Acțiunea toxică pentru plantele cultivate este dată în primul rând de Al^{3+}. În solurile foarte acide prin mobilizarea formelor de Mn^{2+} şi Fe^{2+} se accentuează acțiunea toxică a ionului Al^{3+}.



Corectarea solurilor cu pH acid prin aplicarea de compuşi chimici cu calciu reprezintă măsura de îmbunătățire a compoziției ionice a soluției solului, a proprietăților fizico-chimice ale solului prin mobilizarea elementelor nutritive şi trecerea acestora în forme uşor asimilabile de către plante, a îmbunătățirii activității microorganismelor, dar şi a imobilizării unor ioni cu efect toxic asupra plantelor prin trecerea lor în formă de compuşi insolubili.

10.2. Repartizarea solurilor acide în țara noastră

Zonele cu păduri de foioase şi răşinoase, cu precipitații medii, cuprinse între 600 şi 900 mm anual, din care peste 30% cad în lunile mai şi iunie, iar temperatura medie anuală variază între 6 şi 10°C sunt caracterizate prin soluri acide. Repartiția teritorială a solurilor agricole cu reacție acidă arată că acestea însumează circa 5.700.000 ha (fără zona pădurilor), din care aproximativ 30% revine terenurilor arabile. Aceste soluri s-au format de regulă pe roci sedimentare (luturi sau argile, aluviuni, argile şi luturi marnoase) (Davidescu D., 1992). Întâlnim soluri acide în județele Satu Mare, Argeş, Timiş, Bihor, Maramureş, Arad, Suceava. Din suprafața totală, 1,7 mil. ha necesită o urgentă ameliorare.

Mobilitatea elementelor nutritive în condiții acide se modifică. Activitatea microorganismelor scade, conținutul în N scade, implicit conținutul în humus scade. Fosforul retrogradează prin creşterea conținutului de Fe şi Al, ionii de Al şi Fe au un efect toxic asupra plantelor dacă depăşesc anumite limite. Formele solubile de K scad odată cu creşterea acidității datorită imobilizării K în structura mineralelor argiloase.

10.3. Evaluarea calitativă şi cantitativă a acidității solurilor, importanța cuantificării acidității pentru calculul dozelor de amendamente

Aciditatea **actuală** influențează direct asupra creşterii plantelor, însă ea nu poate servi decât ca un indiciu calitativ, nu şi pentru calcularea dozei de amendament.

Aciditatea **potențială** serveşte ca măsura pentru stabilirea cantitativă a dozei de amendament. În mod convențional, aciditatea potențială este împărțită în aciditate de **schimb** şi

aciditate **hidrolitică**. Dacă am calcula doza de amendament după aciditatea actuală ar reveni foarte puțin (2kg$CaCO_3$/ha), trebuie determinată aciditatea potențială şi din aceasta decurge calculul dozei de amendamente necesare neutralizării acidității.

10.3.1. Sursele de acidifiere în sol sunt naturale (climă vegetație, rocă) sau generate de intervenția omului (poluare, îngrăşăminte, pesticide):

- Îngrăşămintele care conțin Cl^-, SO_4^{2-}, NO_3^- sau orice sare – îngrăşământ cu hidroliză acidă;
- Emisiile de SO_2, NO_2 din atmosferă, provenite din zonele poluate industrial care formează aşa numitele *ploi acide;*

$$\mathbf{SO_2 + H_2O + ½\ O_2 \rightarrow 2\ H^+ + SO_4^{2-}}$$

$$\mathbf{2NO_2 + H_2O + ½\ O_2 \rightarrow 2\ H^+ + 2\ NO_3^-}$$

- Materia organică prin descompunere formează CO_2, NO_2, H_2S, care prin reacția cu apa din sol (umiditate) duce la obținerea de compuşi acidifianți pentru sol (H_2CO_3, HNO_3, H_2SO_4);

Materia organică	$C_{organic}$ $N_{organic}$ $S_{organic}$

$\rightarrow CO_2 + H_2O \rightarrow H^+ + HCO_3^- \rightarrow 2H^+ + CO_3^{2-}$
$\rightarrow NH_3 + 2O_2 \rightarrow H^+ + H_2O + NO_3^-$
$\rightarrow H_2S + 2O_2 \rightarrow H^+ + H_2O + SO_4^{2-}$

- Acizi humici şi organici din sol, care sunt donori de H^+ prin grupările funcționale carboxil (–COOH) şi fenolice (-OH), ionizarea este cu atât mai mare cu cât solul este mai sărac în cationi bazici;
- Desorbția protonilor care are loc la nivelul rădăcinilor plantelor realizată cu schimb prin adsorbție de cationi bazici;
- Apa din sol, care deşi este slab disociată, reprezintă o sursă de ioni de hidrogen prin prezența acizilor din soluția solului.

10.3.2.Noțiunea de amendament. Operația de amendare a solurilor acide.

Substanțele folosite la corectarea solurilor acide poartă numele de amendamente. Îndepărtarea ionilor de H^+ se face prin introducerea ionilor de Ca^{2+} prin amendamente.

Amendamente folosite pentru corectarea recției acide. Compuşii cu calciu care se folosesc la amendare pentru corectarea reacției acide a solurilor sunt: carbonatul de calciu

măcinat (piatra de var), varul ars (CaO), varul stins ($Ca(OH)_2$), tuful calcaros, marna, carbonatul de calciu precipitat de la fabricile de sodă, spuma de defecație de la fabricile de zahăr, praful de clincher de la industria cimentului. In tabelul 13 se prezintă principalele amendamente folosite şi caracteristicile lor.

Tabelul 13

Principalele amendamente şi caracteristicile lor folosite pentru corectarea solurilor acide

(după Davidescu David şi Davidescu Velicica, 1992)

Amendamentul	Metodă de obținere	Formulă chimică	Aspect exterior	Prepararea pentru aplicare	Conținut în kg/100kg amendament				Volumul 1 tonă, m^3	Greutatea 1 m^3, kg	Tipul de sol pe care se aplică
					CaO	$CaCO_3$	H_2O	Corpuri străine			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Piatra de var $CaCO_3$	Se extrage din cariere şi se macină	$CaCO_3$	Alb, alb-murdar, vânăt sau roşcat	Pulbere, 50% din masa aplicată trebuie să treacă prin sita cu ochiuri de 0,2 mm	42-56	75-100	< 10	0,2-25	0,45-0,55	1800-2200	Pe solurile acide şi sărături fără carbonați de sodiu; Acțiune lentă
Var ars CaO	Se obține prin arderea pietrei de var la 950-1000°C	CaO	Alb sau alb-gălbui	Praf ce se obține prin măcinare sau prin stingere lentă prin acoperire cu pământ reavăn	95-100	178	<5	0,5-10	0,80-1,40	700-1900	Pe solurile argiloase; acționează rapid; nerecomandat pe solurile cu textură uşoară; valoare de neutralizare: **150-185**
Var stins $Ca(OH)_2$	Se obține din varul ars stins cu apă	$Ca(OH)_2$	Alb	Se stinge prin aşezarea pe o platformă în straturi alternative de 20-25 cm, care se stropesc cu apă în raport de ⅓, apă/var	75	131	<25	0,5-5	0,80-1,40	700-1200	Pe solurile argiloase; acțiune rapidă;valoare de neutralizare **135**
Tuf calacaros $CaCO_3$ +nisip+argilă	Se găseşte sub formă de sedimente natural calcaroase	$CaCO_3$	Masă spongioasă, gri-deschis până la gri-închis	Se usucă în grămezi de până la 2m înălțime, se mărunțeşte şi se trece prin sita de 2,5-5mm.	40-50	80-90	25-50	10-20	0,80-1,25	200-800	Pe solurile argiloase; acțiune mijlocie; valoarea de neutralizare: **80**

Amendamentul	Metodă de obținere	Formulă chimică	Aspect exterior	Prepararea pentru aplicare	Conținut în kg/100kg amendament				Volumul 1 tonă, m^3	Greutatea 1 m^3, kg	Tipul de sol pe care se aplică
					CaO	$CaCO_3$	H_2O	Corpuri străine			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Marnă $CaCO_3$ + 30-75% argilă	Se găsește în zăcăminte naturale	$CaCO_3$	Gri-cenușiu închis, vânăt, gri-cafeniu, uneori verzui	Se lasă la zvântat, se mărunțește sau se lasă pe câmp iarna în grămezi de 1m, prin înghețare se desface într-un praf fin	14-42	25-75	<10	25-75	0,5	1600-2200	Pe soluri nisipoase; acțiune mijlocie; Valoare de neutralizare: **50-60**
Dolomit $CaCO_3$ + $MgCO_3$	Se găsește în zăcăminte naturale	$CaCO_3$. $MgCO_3$	Albicios sau gălbui, fărâmicios	Se usucă și se cerne	40-54	70-97	<10	5-10	0,67	1500	Pe soluri ușoare pentru asolamente cu trifoi, lucernă, lupin, cartof, sfeclă, varză; acțiune mijlocie
Spumă (nămol) de defecație	Se obține de la purificarea siropului la fabricile de zahăr	$CaCO_3$ $Ca(OH)_2$	Cenușiu murdar	Se usucă și se fărâmițează	30-40	54-75	30-50	0,3-0,5N 0,8-2 P_2O_5 0,15 K_2O 10-15 Subst.organice	1	1000	Pe soluri argiloase și lutoase; acțiune rapidă
Zgura de furnal	Se obține la extragerea fontei în cuptoare înalte	Silicați de calciu	Gri-negricioasă	Se macină	30-50	54-90	2-3	0,1-0,2 P_2O_5	-	-	Pe soluri acide; acțiune lentă
Precipitatul de sodă	Deșeu la fabricile de sodă	$Ca(OH)_2$	Albicioasă	Se usucă și se pune la aer pentru înlăturarea clorului	45-50	80-90	<50	8-10 Cl 3-4 S 1,2-1,4 Na_2O	-	-	Pe soluri argiloase; acțiune rapidă
Carbonat de calciu cu azot rezidual $CaCO_3$ + N	Reziduu de la fabricarea îngrășămintelor complexe	$CaCO_3$	Albicios	Se usucă	40-50	65-85	<30	1,5-7 N 1,2-1,4 P	-	-	Pe solurile acide
Praful de ciment (clincher)	Reziduu de la fabricarea cimentului	$CaCO_3$	Gri- închis	Particule foarte fine cu umiditate redusă	30-45	60-80	<5	1-2 K_2O	-	-	Pe solurile acide

Valoarea de neutralizarea a amendamentelor, se determinată experimental măsurând cantitatea pe care o neutralizează un acid tare (HCl) aplicat pe un gram de material examinat. Ca referință se ia CaO pur sau $CaCO_3$ pur. O unitate de putere de neutralizare corespunde la 10 mg CaO ce neutralizează 1ml HCl 0,357 N, iar 100 kg CaO pur dau 100 unități valoarea neutralizantă (tabelul 14).

Calitatea amendamentelor cu calciu este determinată de gradul de finețe şi de valoarea de neutralizare, eventual şi de conținutul în magneziu.

Finețea materialului este dată de % din amendament care trece prin 2 sau 3 site cu ochiuri de mărimi diferite între 0,15mm şi 1-2 mm.

Tabelul 14

Valoarea de neutralizare a amendamentelor

(după Davidescu, 1999)

Produse folosite pentru corectarea reacției acide a solurilor	În valori relative față de	
	$CaCO_3$=100	CaO=100
$CaCO_3$ - piatră de var	100	56
CaO - var stins	150-185	100
$Ca(OH)_2$ - var stins	138	75
Marnă	50-60	32
MgO	260	140
$MgCO_3$	134	67
Spumă de defecație	65	35

10.3.3. Stabilirea nevoii de amendament prin apreciere calitativă:

După pH-ul determinat în suspensie salină de KCl 1n:

la pH < 4,5 nevoia de amendament este mare;

la pH 4,6-5,5 nevoia de amendament este mijlocie;

la pH 5,6-5,8 nu este necesar să se facă, corectarea reacției acide.

După pH-ul determinat în suspensie aposă se apreciază că:

la pH < 5,5 nevoia de amendament este mare;

la pH 5,6-6,2 nevoia de amendament este mijlocie;

la pH >6,3 nu este necesar să se facă, corectarea reacției acide.

După gradul de saturație cu baze, V% se apreciază că:

Când V este sub 50%, nevoia de amendare este mare;

Când V este între 50-70%, nevoia de amendare este mijlocie;

Când V este peste 70%, nu este necesară corectarea reacției acide

Din punctul de vedere al cerințelor plantelor pentru amendare există 3 categorii:

- Plantele rezistente la pH acid, nu este urgentă corectarea: cartof, lupin, ovăz, secară, ovăz.
- Plante cu rezistență mijlocie la pH acid, pretențioase la amendare: legume - hrean, castraveți, gulii, plante ornamentale – coacăz, agriș
- Plante sensibile: orzoaică, mei, grâu, conopidă, linte, mazăre, varză răspund bine la amendare

Stabilirea urgenței de amendare de către Borlan şi colab., 1972 citat de Rusu ş.a., 2005 se face după relația:

$$\mathbf{UCa = 4 - a \cdot \left(\frac{Al}{S_{Bi}}\right) \cdot 100}$$

Unde, UCa este urgența (I, II, III) de amendare;

a - coeficient de efect al amendamentelor în funcție de culturi şi vegetație (0,085 la pajişti naturale; 0,2 asolamente fără leguminoase; 0,4 asolamente cu leguminoase);

Al – conținutul de Al schimbabil, me/100g sol ;

S_{Bi} – suma bazelor schimbabile inițială, me/100g sol.

Cu cât valoarea rezultată din calcul a UCa este mai mică, cu atât urgența aplicării amendamentelor este mai mare.

$CaCO_3$ se aplică în ordinea indicilor acidității:

- Urgența I – la soluri cu pH <5 şi V <50%
- Urgența II – la soluri cu pH 5,01-5,60 şi V 51-70%
- Urgența III – la soluri cu pH 5,61-6,00 şi V 71-80%

10.3.4. Stabilirea dozei de amendament pentru solurile acide.

1. **Calculul dozei de amendament după S_{Bi} pentru aducerea solului la un anumit grad de saturație cu baze:**

Doza de amendament t/ha = $S_{Bi}\left[\frac{V_d}{V_i} - \right] G_v \cdot h \cdot 10^2 \cdot A \cdot \frac{100}{C_n}$

sau Doza de amendament t/ha = $S_{Bi}\left[\frac{V_d}{V_i} - \right] G_s \cdot A \cdot \frac{100}{C_n}$

în care: Vd = gradul de saturație ce se dorește a se realiza, %;

Vi = gradul de saturație inițială, %;

S_{Bi} = suma bazelor schimbabile inițial, în me/100 g sol;

Gv = greutatea volumetrică a stratului ce se amendează, în g/cm^3 sau t/m^3;

h = adâncimea stratului de sol ce se amendează, în cm;

$G_S = G_V.h.10^2$ = greutatea stratului arabil de sol amendat, t/ha

A = cantitatea de amendamente(în tone/ha) corespunzătoare

unui miliechivalent de H determinat ca aciditate hidrolitică:

$CaCO_3$ ..... 0,00050 t ;

CaO ..... 0,00028 t ;

Cn = capacitatea de neutralizare a amendamentului (%)

2. **Calculul dozelor de amendamente după aciditatea hidrolitică Ah (după Rusu ş.a., 2005 modificat Madjar, 2008)**

$$\mathbf{DAC, \, t/ha} = \mathbf{A_h} \cdot 10 \cdot 50 \cdot \frac{G_V \cdot h}{10^4} \cdot \frac{100}{PNA}$$

Unde,

DAC este doza de amendament calcaros, t/ha;

10 = coeficient de transformare a valorii Ah de la me/100g la me/kg sol;

50 = me $CaCO_3$ necesare neutralizării a 1 meH^+, exprimat în mg;

$1/10^6$ = coeficient de transformare din mg $CaCO_3$ în kg $CaCO_3$.

$$\frac{G_V \cdot h}{10^4} = \frac{10^2 \cdot G_V \cdot h}{10^6}$$

$10^2.G_V.h$ = greutatea stratului arabil G_S, t/ha, pe adâncimea de amendare

PNA = puterea de neutralizare a amendamentului, %

Se obține varianta simplificată pentru valori medii ale Gv = 1,2 g/cm^3, h = 25cm şi PNA = 100%.

DAC, t/ha = 1,5 .Ah

3. **Calculul dozei de amendamente după capacitatea totală de schimb cationic (T) şi gradul de saturație în baze (V%).** Calculul se face după formula lui Peech (1965) citat de Rusu ş.a., 2005 şi este următoarea:

$$\mathbf{DAC, t/ha = T. (0,8 – V_i/100) . 1,5}$$

Unde,

T = capacitatea totală de schimb cationic, me/100g;

0,80 = gradul de saturație cu baze dorit a se realiza, exprimat subunitar (V_d=80%);

1,5 = coeficient stabilit pe baza greutății medii a stratului arabil şi a me de $CaCO_3$.

Formula nu ține cont de puterea de neutralizare a amendamentelor, factor foarte important la calculul dozelor pentru neutralizarea acidității solului.

4. **Pentru condițiile din țara noastră David şi Velicica Davidescu, 1972 propun o diagramă sintetică prin care se caută să se îmbine factorii care concură la stabilirea corectă a dozei de $CaCO_3$. Calculul dozei de amendament se face în raport cu pH-ul, Ah şi sensibilitatea plantelor la aciditate** (fig. 18).

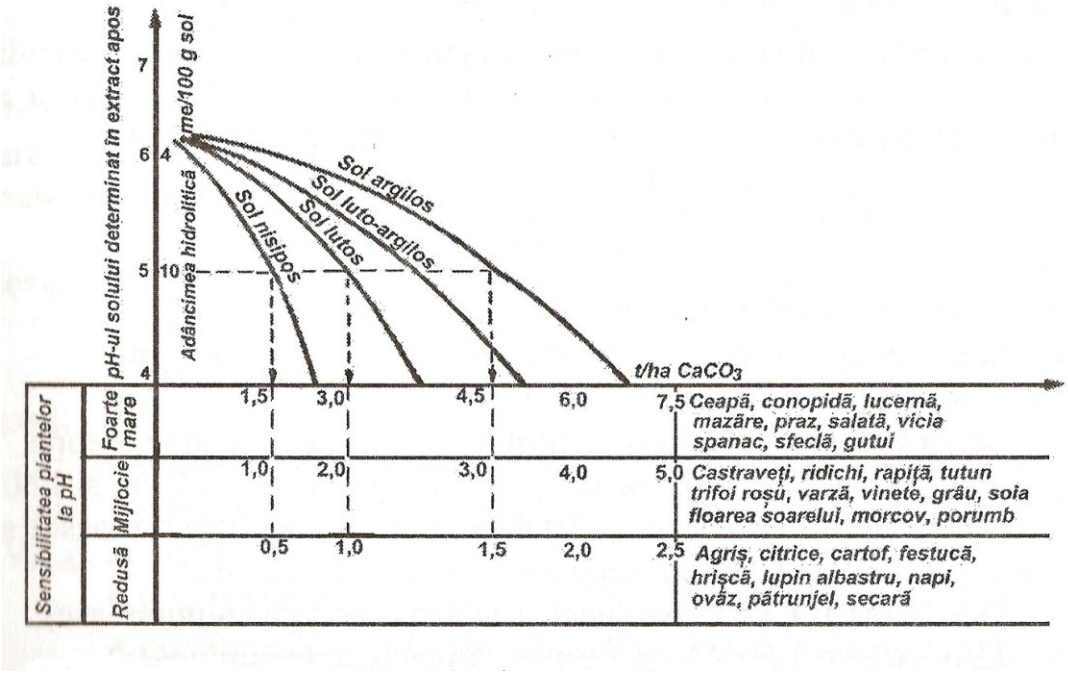


Fig. 18 Diagrama determinării amendamentelor ($CaCO_3$ t/ha) în raport cu pH-ul, Ah aciditatea hidrolitică, textura şi sensibilitatea plantelor

(după David şi Velicica Davidescu, 1992)

Se stabileşte experimental în extract apos valoarea pH-ului solului, se fixează pe ordonată valoarea acestuia, apoi se duce o paralelă la abscisă până când intersectează diagrama corespunzătoarea texturii solului, se coboară din punctul de intersecție o perpendiculară pe abscisă, piciorul perpendicularei corespunde cu doza de $CaCO_3$, în raport şi cu sensibilitatea la aciditate a plantelor din asolament.

În mod obişnuit, dozele folosite pentru corectarea acidității solului sunt cuprinse între 2 şi 8 t/ha.

10.3.5. Transformările amendamentelor pe solurile acide. La aplicarea amendamentelor cu calciu, se produc o serie de transformări în sol. Astfel la aplicarea de **piatră de var** măcinată se formează în sol bicarbonat de calciu, care intră în reacție de schimb cu complexul adsorbtiv - [CA], din care sunt scoşi ionii de hidrogen, H^+, rezultând CO_2 şi molecule neutre de apă, H_2O. Molecula de apă care are o constantă de disociere foarte mică, astfel încât aciditatea rezultată prin schimb este neutralizată.

Transformarea $CaCO_3$ are loc prin reacțiile:

$$CaCO_3 + H_2CO_3 \rightarrow \mathbf{Ca(HCO_3)_2} \rightarrow \underset{\text{(var stins)}}{Ca(OH)_2} + 2CO_2$$

$$Ca(OH)_2 + 2\,H_2CO_3 \rightarrow \mathbf{Ca(HCO_3)_2} + 2H_2O$$

$$H\text{-}\mathbf{[CA]}\text{-}H + \mathbf{Ca(HCO_3)_2} \rightarrow \mathbf{[CA]}{=}Ca + CO_2 + H_2O$$

Efectul dozelor mari de calciu. Pentru plantele cultivate nu este necesar ca reacția solului să fie corectată până la neutru (pH=7), este suficient să se atingă un pH de 6,3-6,5

Dozele prea mari de calciu au efecte nefavorabile asupra accesibilității elementelor nutritive. La început, calciu intensifică descompunerea materiei organice din sol, punând astfel la dispoziția plantelor, în mod temporar, cantități mai mari de elemente nutritive. Această descompunere intensă se face în detrimentul însuşirilor fizico-cimice ale solului. La scurt timp (2-3 ani), excesul de calciu îşi manifestă efectele nefavorabile. Numeroase elemente nutritive, precum: fosforul, fierul, manganul, borul, cuprul şi zincul trec în forme greu solubile.

(Davidescu, 1981). Excesul de calciu dăunează, de exemplu, culturilor de cartofi, in, lupin, seradelă, măr, viță de vie.

10.3.6. Epoca de încorporare a amendamentelor. Teoretic, dozele se aplică în orice perioadă a anului, cel mai bine e să se aplice în două etape: ½ la dezmiriştit şi ½ la arătura de toamnă, fiind necesară încorporarea în sol, amendamentele se omogenizează cu solul. Din punctul de vedere al transformărilor care au loc în sol, cel mai bine este ca amendamentul să fie împrăştiat înainte de arătura de vară şi încorporat odată cu aceasta. Adâncimea de încorporare are o mare importanță asupra efectului corectării reacției acide. Aplicarea la suprafața solului a unor doze de 4 - 5 t/ha, fără încorporarea ulterioară (pajişti naturale), produce schimbarea cu o unitate pH, pe adâncimea de 0 - 15 cm, abia după 8 - 12 ani.

Întrucât solurile care comportă amendare au un conținut scăzut în humus se recomandă folosirea gunoiului de grajd, în doze de 20 - 30 t/ha, o dată la 4 ani, administrat singur sau împreună cu îngrăşămintele minerale; în acest caz este necesar să se respecte regulile de amestecare spre a nu se produce pierderi de azot amoniacal atât din îngrăşămintele chimice, cât şi din gunoiul de grajd.(Davidescu, 1981)

Amendarea solurilor acide pentru menținerea reacției. Efectul amendării începe din anul 2-3 şi ține în mod teoretic până în anul 10-13, apoi scade. Practic se intervine după 7-8 ani cu amendament de întreținere egal cu ½ din doza inițială. Eficiența totală a corectării reacției acide a solului se manifestă, în medie, timp de 10 - 15 ani. După Davidescu V., 2000, pentru a menține reacția obținută în urma primei amendări, pe solurile lutoase şi pe cele uşoare după 4 - 6 ani, iar pe cele grele după 8 -10 ani se repetă amendarea cu o **jumătate de doză** din cantitatea de amendament folosită când s-a aplicat prima oară amendarea, măsura este cunoscută sub numele de "amendare de menținere" sau "amendare de întreținere".

10.4. Efectele amendării asupra proprietăților solului. Prin amendarea solurilor acide însuşirile ***fizice, chimice şi biologice*** ale solului se îmbunătățesc.

1. Efectul amendării asupra însuşirilor fizice

Aplicarea amendamentelor îmbunătățeşte textura, structura solului. Solurile acide au structura afectată, prin prezența ionilor de H^+ se formează numai microagregate. Introducerea cationului Ca^{2+} în sol conduce la stabilitatea agregatelor prin efectul coagulant, de cimentare a coloizilor solului.

2. Efectul amendarii asupra însuşirilor chimice

Corectarea compoziției ionice, a pH-ului. Prin aplicarea amendamentelor, ionii de Ca^{2+} trec prin schimb cationic pe complexul adsorbtiv al solului iar ionii de H^+ şi Al^{3+} rezultați sunt neutralizați de către anionii insoțitori din amendamentul aplicat (OH^- dacă se aplică $Ca(OH)_2$ sau HCO_3^- în cazul aplicării $CaCO_3$). Ca urmarea a neutralizării aciditatea liberă se reduce iar pH-ul solului creşte.

Se modifică toate proprietățile legate de mobilitatea elementelor nutritive. Pe solurile acide are loc retrogradarea fosforului prin formarea unor produşi greu solubili, fosfatul de fier sau de aluminiu. Apare efectul de fitotoxicitate datorat conținutului în Al şi Mn schimbabil.

Conținutul în K accesibil plantelor este scăzut, iar nutriția cu microelemente este afectată, în special cu Mo. Ridicarea pH-ului prin amendare reduce concentrația de Al, Mn şi Fe sub limita efectului nociv pentru plante. Ridicarea concentrației în P mobil, direct accesibil plantelor ca efect al amendarii se explică prin reducerea concentrației ionilor de Al^{3+}, creşterea conținutului de ioni de OH^- şi mărirea solubilității ionului fosfat provenit din fosfații monocalcici accesibili plantelor. În urma amendării calcice are loc o desorbție a cationilor de K^+, dar şi o scăderea a lui în soluția solului prin creşterea consumului de către plante (după Rusu, 2005).

Efectul amendării asupra modificării conținutului de Mg şi a raportului Ca/Mg este consecința saturării complexului adsorbtiv cu cationi de calciu, % de Mg din T este foarte mic comparativ cu cel de Ca cu efect direct asupra raportului Ca/Mg din plantă. Raportul este defavorabil magneziului astfel se simte nevoia aplicării magneziului sub formă de amendament (dolomit).

Aplicarea amendamentelor ce conțin magneziu se face pentru soluri acide cu conținuturi mai mici de 50-70 ppm, fome solubile. Aplicarea amendamentelor cu magneziu se face odată cu aplicarea îngrăşămintelor cu potasiu, deoarece potasiu este în antagonism cu Ca şi Mg. (Rusu, 2005).

Aciditatea solului are efect direct asupra mobilității elementelor nutritive. Intervalul optim în care elementele nutritive devin accesibile plantelor este între 6,0-7,0. Mn şi Fe produc efecte toxice la un pH scăzut şi deficiența la valori ridicate ale pH-ului în sol. Cu toate că aluminiu nu este un element esențial pentru plante, acesta poate avea un efect nefavorabil pentru dezvoltarea rădăcinilor şi implicit a plantelor prin solubilizarea lui în exces în soluția solului (valori ale pH-ului sub 5) (fig. 19).

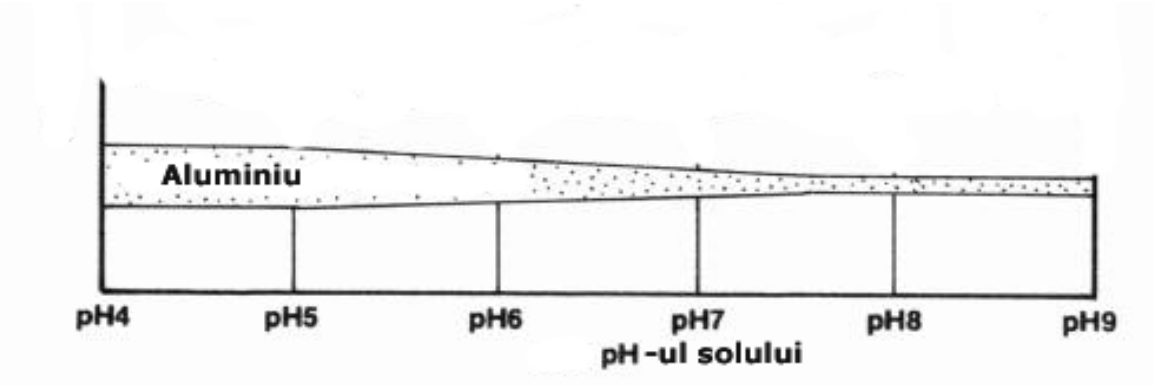


Fig. 19 Efectul accesibilității aluminiului pentru plante în funcție de variația pH-ului în sol

Efectul amendării asupra mobilității microelementelor este pozitiv dacă este vorba de Fe şi Mn, deoarece prin reducerea formelor solubile, este puțin probabil să apară efecte de toxicitate datorate concentrațiilor de Fe şi Mn.

Efectul amendării poate fi şi mai puțin pozitiv dacă ne referim la reducerea concentrației în Cu, Zn, B prin formarea unor compuşi greu solubili, Mo a cărui mobilitate creşte prin amendarea calcică face excepție de la acest fenomen. Pot apărea astfel dereglări de nutriție provocate de carența în microelemente (fig. 20).

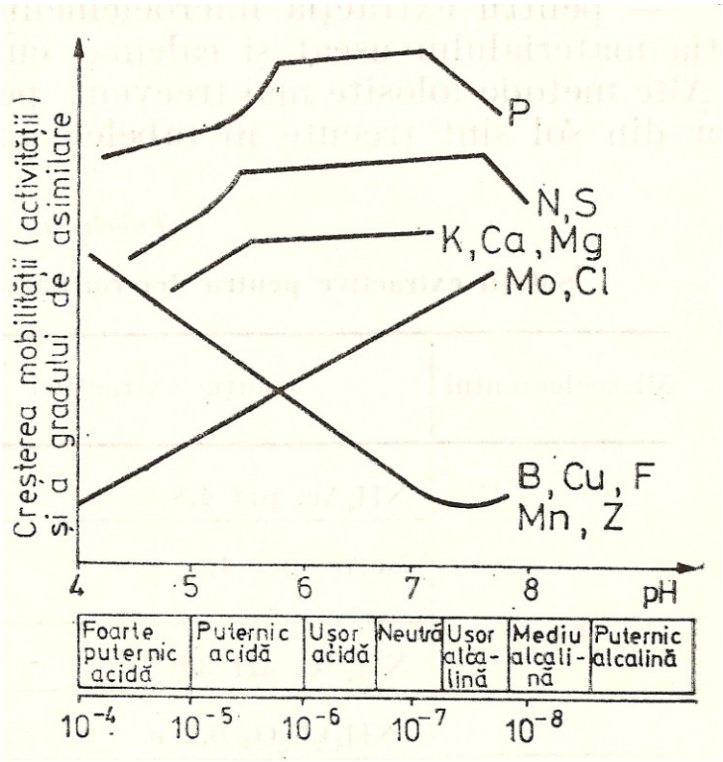


Fig. 20 Mobilitatea elementelor nutritive în sol în funcție de pH

(după D. Davidescu şi Velicica Davidescu, 1992)

Aplicarea amendamentelor pe solurile acide determină modificări esențiale asupra conținutului de humus din soluri. Conținutul în humus se reduce prin amendare calcică explicația acestui proces complex este dată de faptul că neutralizarea acidității stimulează activitatea microorganismelor din sol pe seama materiei organice humificate (după Rusu, 2005).

3. Efectul amendării asupra însuşirilor biologice

În cazul solurior acide datorită pH–ului scăzut activitatea bacteriană este redusă, nitrificarea este scăzută. În urma amendării, pH devine optim, activitatea microorganismelor se intensifică.

Activitatea microorganismele din sol este intensă la un pH slab bazic, descompunerea materiei organice contribuie la formare agregatelor solului asigurând o bună aerație şi un drenaj corespunzător în sol. Activitatea bacteriilor fixatoare de azot este corespunzătoare pentru intervalul de pH 6,5-7 şi scade rapid pentru valori ale pH-ului solului sub 6.

Unele erbicide, în special triazinele, au efecte diminuate pe soluri cu valori ale pH-ului sub 6. Aceasta problemă apare des în cazul împrăştierii îngrăşămintelor cu $N\text{-}NH_4^+$ când se formează un strat acid superficial la suprafaţa solului reducînd astfel efectul erbicidelor aplicate. Oxidarea azotului

$$NH_4^+ + 2O_2 \rightarrow NO_3^- + \mathbf{2H^+} + H_2O$$

Se impune în acest caz control agrochimic pentru stabilirea nevoii de amendare.

TEST DE EVALUARE

1.Care sunt surse de acidifiere în sol ?

Răspuns:

Sursele de acidifiere în sol sunt naturale (climă vegetaţie, rocă) sau generate de intervenţia omului (poluare, îngrăşăminte, pesticide): îngrăşămintele care conţin Cl^-, SO_4^{2-}, NO_3^- sau orice sare – îngrăşământ cu hidroliză acidă; emisiile de SO_2, NO_2 din atmosferă, provenite din zonele poluate industrial care formează aşa numitele *ploi acide;* materia organică prin descompunere formează CO_2, NO_2, H_2S, care prin reacţia cu apa din sol (umiditate) duce la obţinerea de compuşi acidifianţi pentru sol (H_2CO_3, HNO_3, H_2SO_4); acizi humici şi organici din sol, care sunt donori de H^+ prin grupările funcţionale carboxil (–COOH) şi fenolice (-OH), ionizarea este cu atât mai mare cu cât solul este mai sărac în cationi bazici; desorbţia protonilor care are loc la nivelul rădăcinilor plantelor realizată cu schimb prin adsorbţie de cationi bazici; apa din sol, care deşi este slab disociată, reprezintă o sursă de ioni de hidrogen prin prezenţa acizilor din soluţia solului.

2. Care sunt efectele amendării asupra proprietăţilor solului ?

Răspuns:

Exerciţii.

Exemplu rezolvat:

1. Aciditatea în sol este dată de prezenţa ionilor de:

a) Calciu

b) Hidrogen şi aluminiu

c) Magneziu

d) Sodiu şi potasiu

Rezolvare: b

De rezolvat:

2. Amendamente folosite pentru corectarea reacției acide sunt:

a) $CaCO_3$, CaO, $Ca(OH)_2$, marne

b) $CaSO_4$

c) Fosfogips

d) Floare de sulf

Rezolvare:

REZUMATUL TEMEI

Corectarea reacției acide a solurilor

10.1. Procesele de de bazificare a solului

10.2.Repartizarea solurilor acide în țara

10.3.Evaluarea caliattivă şi cantitativă a acidității solurilor, importanța cuantificării acidității pentru calculul dozelor de amendamente

Sursele de acidifiere în sol sunt naturale (climă vegetație, rocă) sau generate de intervenția omului (poluare, îngrăşăminte, pesticide).

Definirea noțiunii de amendament şi a procesului de amendare a solurilor acide.

Caracterizarea principalelor amendamente folosite pentru corectarea recției acide.

Amendamente folosite pentru corectarea recției acide.

Transformările amendamentelor în solurile acide.

Stabilirea nevoii de amendament prin apreciere calitativă.

Stabilirea dozei de amendament pentru solurile acide.

10.4.Efectele amendării asupra proprietăților solului.

Tema nr. 11

Corectarea compoziției ionice a solurilor saline şi alcalice

Unităţi de învaţare:

- Repartizarea solurilor sărăturate în ţara noastră
- Cauzele care duc la sărăturare
- Criterii de clasificare a solurilor saline şi alcalice
- Criterii de caracterizare a solurilor saline şi alcalice
- Substanţe folosite ca amendamente
- Calculul dozei de amendament pentru solurile saline şi alcalice
- Amendarea diferenţiată a solurilor sărăturate

Obiectivele temei:

-Corectarea compoziției ionice a solurilor saline şi alcalice şi calcularea dozei de amendament.

Timpul alocat temei: 2 ore

Bibliografie recomandată:

1. Davidescu D.,Velicica Davidescu, 1981. *Agrochimia modernă*. Ed. Academiei RSR Bucureşti.
2. FAO, 2006. *Plant nutrition for food security,* Food and Agriculture Organization of the United Nations, Roma.
3. Madjar Roxana, 2008. *Agrochimie* – Planta şi solul. Ed. INVEL Multimedia, Bucureşti.
4. Madjar Roxana, Velicica Davidescu, 2009. *Agrochimie.* USAMVB, Facultatea de Horticultură, Învăţământ la distanţă, Bucureşti.

11.1. Repartizarea solurilor sărăturate în ţara noastră

Cunoscute în literatură ca soluri halomorfe şi hidrohalomorfe, iar în practica agricolă ca soluri sărăturate, slatini sau sicuri, acestea sunt populate de pajişti slab productive şi cu valoare furajeră scăzută. În mod normal soluţia solului (apa încărcată cu electroliţi) are un conţinut total în săruri de 0,1-0,2%, condiţii în care plantele cresc şi se dezvoltă normal. Există însă cazuri când concentraţia de săruri solubile creşte ceea ce creează condiţii nefavorabile mediului de creştere al plantelor. Aceste soluri sunt ***sărăturate.*** Natura sărurilor în sol şi în soluţia solului este diferită.

Solurile cu un conținut mărit de săruri solubile ocupă o suprafață de peste 500000 ha. Aceasta reprezintă 2,8 % din teritoriul agricol şi 4 % din suprafața arabilă.

Solurile din zonele de stepă şi silvostepă, cu climat continental, cu temperatură medie de 8,3 şi 11,5 ˚C, cu precipitații medii anuale între 420 şi 600 mm şi cu evaporație puternică intră în categoria solurilor sărăturate din țara noastră.

Zonele geomorfologice joase, cu drenaj natural al apelor freatice defectuos şi climat arid prezintă suprafețe mari cu soluri sărăturate, sunt întâlnite în partea de câmpie, unde terenurile sărăturate reprezintă până la 20 % din terenul arabil.

Suprafețele cu solurile sărăturate în țara noastră, teritorial se găsesc:: 96 000 ha în Dobrogea (sărături marine); 193 000 ha în Câmpia Română şi Lunca Dunării; 55 000 ha în Moldova, în depresiunea Jijia-Bahlui; 165 000 ha în Câmpia de Vest a țării; 6 500 ha în Transilvania (după Davidescu,1981).

11.2. Cauzele care duc la sărăturare sunt multiple, formarea acestor soluri poate fi datorată unor factori naturali dar şi urmare a factorului antropogen.

- ***Factori naturali***
- *Geomorfologici*: însuşirile fizice ale solului, roca pe care s-a format, relieful;
- *Hidrogeologici:* rețeaua râurilor şi a lacurilor, adâncimea pânzei de apă freatică;
- *Hidrochimici:* compoziția chimică a apei freatice, a apei râurilor şi lacurilor;
- *Climatici:* temperatura medie anuală > 8,3 -11,5 °C; precipitații anuale mai mici de 440 - 620 mm; evapotranspirația puternică în timpul verii (ETR > 630 - 700 mm); vânturi puternice ce intensifică evapotranspirația;
- *Biocontinentali:* vegetația spontană, cu preponderența unor plante halofite.
- ***Intervenția omului***

Irigația nerațională sau cu ape bogate în substanțe minerale, aşa numita **mineralizare critică** a apelor freatice, care în funcție de zona naturală este cuprinsă între 1,6 g/l (ape bogate în anionul bicarbonat), 2,2 g/l (ape clorurosulfatice) până la 3 g/l, fertilizarea excesivă cu îngrăşăminte minerale, irigații fără drenaj, luarea în cultură urmată de o agrotehnică

necorespunzătoare favorizează *sărăturarea secundară* (îndiguiri, ridicarea pânzei de apă freatică).

Acumularea sărurilor solubile în orizontul de la suprafața solului la noi în țară este cauzată de condițiile hidrogeologice, de pânza de apă freatică la mică adâncime corelat cu un drenaj defectuos. Aceste soluri prezintă însuşirea de a acumula cantități mari de săruri solubile, care pot fi carbonați, bicarbonați, sulfați, cloruri de sodiu, cloruri şi sulfați de magneziu, cloruri şi sulfați de calciu cu efecte directe asupra creşterii plantelor. Saturarea complexului adsorbtiv cu ioni de Na^+ şi prezența în soluția solului a ionilor de HCO_3^-, CO_3^{2-}, Cl^-, SO_4^{2-} reprezintă sodicizarea şi salinizarea solurilor urmată de dereglări de nutriție la nivelul plantei.

11.3. Criterii de clasificare a solurilor saline şi alcalice

Natura sărurilor:

- Carbonați, bicarbonați: CO_3^{2-}, HCO_3^- (Na_2CO_3, $NaHCO_3$);
- Cloruri: Cl^- ($NaCl$, $MgCl_2$);
- Sulfați: SO_4^{2-} (Na_2SO_4, $MgSO_4$).

Clasificarea solurilor saline şi alcalice după condițiile pedogenetice (după Sanda V., ş.a.):

- Solurile saline şi alcalice de **origine primară** iau naştere în condiții de pedogeneză specifice şi anume: substrat litologic bogat în săruri şi ape freatice puternic mineralizate.
- Solurile saline şi alcalice de **origine secundară** sunt formate în mod obişnuit pe seama unor soluri fertile, prin îmbogățirea în săruri uşor solubile, în urma unor activități umane neraționale, cum ar fi: irigațiile aplicate necorespunzător, folosirea unor ape reziduale bogate în anumite săruri sau aplicarea unor amendamente şi îngrăşăminte contraindicate.

Clasificarea solurilor după natura sărurilor

După Gedroiț solurile sunt:

- **Solonceacuri** sau **soluri saline** cu conținut în săruri solubile mai mare de 1 % şi de $Na_{adsorbit}$ sau $Na_{schimbabil}$ mai mic de 12% din T (capaciatatea totală de schimb cationic), reprezentate prin soluri bogate în săruri de sodiu uşor solubile, cloruri, sulfați şi

carbonataţi în orizontul superficial, de regulă asociate cu săruri de calciu şi magneziu. Sărurile pot forma la suprafaţă o crustă albă. Se întâlnesc dea lungul Mării Negre şi în NE Câmpiei Române, astfel distingem solonceacuri de tip marin litorale (grindul Chituc, Delta Dunării) şi lagunare (în jurul lacurilor Techirghiol, Năvodari) şi cele de tip continental, care se împart în: **solonceacuri de fâneaţă** (valea Călmăţuiului, valea Iencii, zona de devagare a Mureşului şi Crişurilor), **solonceacuri lacustre** (în jurul lacurilor Tătarul, Plopul, Lacul-Sărat) şi **reziduale** cum sunt cele situate în zona cutelor diapirice (Sandu V, ş a).

- **Soloneţuri** sau **solurile alcalice** au conţinut ridicat în săruri solubile, mai mare de 1%, conţinut mare de $Na_{schimbabil}$, mai mare de 12% din T în complexul adsorbtiv sub formă de carbonaţi. Formarea carbonatului de calciu determină o reacţie alcalină cu pH > 8,4. Se întâlnesc sub formă de complexe de soluri, împreună cu solonceacurile ca soluri mixte solonceac-soloneţ, cu însuşiri negative datorită $Na_{adsorbit}$.
- **Solodii, soluri saline şi alcaline** formate prin desalinizare (dezalcalizare) accentuată datorită apelor stagnante rezultante din precipitaţii. Complexul coloidal se degradează, ionii de Na^+ se înlocuiesc cu ioni de H^+, solul devine acid, bogat în silice coloidale la suprafaţă.

Clasificarea solurilor după gradul de sărăturare

După *gradul de sărăturare,* care exprimă conţinutul cantitativ de săruri solubile în stratul cu masa cea mai mare de răspândire a rădăcinilor, avem (după Velicica Davidescu, 2000):

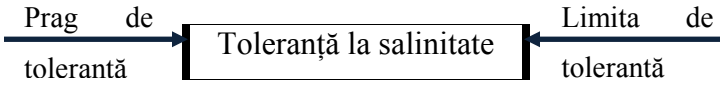
- Soluri **nesalinizate**, în care conţinutul în săruri solubile pe adâncimea de 1 m este sub 0,20 % - pe aceste soluri reuşesc majoritatea culturilor;
- Soluri **slab salinizate**, în care conţinutul în săruri solubile este cuprins între 0,3 şi 0,6 % - se vor cultiva plante rezistente la concentraţia mărită de săruri;
- Soluri **mijlociu sărăturate** cu un conţinut de săruri de 0,7 - 0,9 % - reuşesc numai plantele foarte rezistente la conţinut mărit de săruri;
- Soluri **puternic sărăturate** care conţin peste 1 % săruri solubile şi care nu pot fi cultivate decât după îndepărtarea excesului de săruri.

Măsurile de ameliorare se diferențiază după natura sărăturilor, intervenția se face în funcție de indicii agrochimici ce caracterizează solul. Distribuția sărurilor pe profil nu este uniformă. Majoritatea se găsesc pe adâncimea 40-60 cm, deci nu trebuie făcute arături prea adânci. E bine să aplicăm corectarea pe orizontul arabil.

Comportarea plantelor la salinitate

Sărurile solubile influențează însuşirile fizico-chimice şi biologice ale solurilor. Solurile au conținut ridicat în Na schimbabil (peste 5-10% din T), astfel, argilele saturate cu Na rețin de 3 ori mai multă apă decât cele cu Ca, K, Mg, solurile apar umede, apa nu e accesibilă, presiunea osmotică creşte, se reduce accesibilitatea apei pentru plante, apa nu poate fi folosită, apare *seceta fiziologică.* Conținutul ridicat al sărurilor şi în special al Na în sol generează cu Ca şi K, un raport Ca^{2+}/Na^{+}, respectiv K^{+}/Na^{+} foarte mic în plantă, cu urmări asupra dezvoltării plantelor.

Solurile sărăturate se folosesc pentru păşuni, fânețe sau ca teren arabil pentru plantele rezistente la conținuturi ridicate de săruri. Se defineşte *toleranța la salinitate* ca fiind adaptabilitatea plantelor la solurile cu concentrații mari în săruri solubile.



Există aşa numitul *prag de toleranță la salinitate* sau limita inferioară a toleranței la salinitate pentru conținuturi în săruri solubile cu valori cuprinse între 600-900 ppm săruri solubile, când plantele încep să sufere. *Limita de toleranță la salinitate* sau limita superioară a toleranței la salinitate la concentrația de 1000-7000 ppm săruri solubile, când plantele mor. (după Davidescu, 2000).

11.4 Criterii de caracterizare a solurile saline şi alcalice

Pentru stabilirea metodelor de ameliorare agrochimică a solurilor saline şi alcalice este necesar să se cunoască următoarele însuşiri agrochimice:

- ***conductibilitatea electrică*** (CE), în mmho/cm sau mS/cm a extractului de saturare, care trebuie să fie > 4 mmho/cm;
- ***reacția solului este moderat sau puternic alcalină cu pH > 8,4.***
- ***natura sărăturării sau a salinizării*** (cu cloruri, cu sulfați, cu carbonați, mixte);
- ***gradul de salinizare sau/şi alcalizare;***
- ***suma bazelor adsorbite***;
- ***procentul de sodiu adsorbit (PSA)*** din capacitatea totală de schimb cationic (T), care trebuie să fie peste 12 %;

$$PSA = \frac{Na_{sch}}{T} \times 00$$

- ***raportul de sodiu adsorbit (RSA),*** reprezintă raportul dintre conținutul în Na schimbabil, (me/100g sol) şi capacitatea de saturație în cationi, în afară de sodiu dată de diferența între capacitatea totală de schimb cationic, T (me/100g sol) şi Na_{sch} (me/100g sol); peste 0,11 începe să se manifeste pragul toxicității fiziologice;

$$RSA = \frac{Na_{sch}}{\Gamma - \sqrt{a_{sch}}}$$

- ***raportul de adsorbție a sodiului (RAS);*** care arată procesul de schimb cationic referitor la activitatea de schimb a Na în raport cu Ca şi Mg, care la solurile saline depăşeste 8;

$$RAS = \frac{Na_{sch}}{\sqrt{\frac{Ca + \overline{Mg}}{2}}}$$

Caracterizarea sintetică a solurilor salinizate după indicatorii definiți, **PSA, RSA, RAS** se prezintă în tabelul 15.

Tabelul 15

Caracterizarea solurilor saline după indici agrochimici, PSA, RSA, RAS, de caracterizare a solurilor saline

(după Davidescu, 1992)

Caracterizarea solului	PSA	RSA	RAS
Nesolonetizat	< 5	<0,05	<4
Solonetizare scăzută	5-10	0,05-0,11	4-8
Solonetizare mijlocie	10-15	0,11-0,18	8-12
Solonetizare ridicată	15-20	0,18-0,25	12-18
Soloneț	>20	>0,25	>18

- ***stabilirea tipului de salinizare prin exprimarea raportului între ioni*** (tabelul 16).
- ***raportul* Na /Ca şi Na/ Mg, Na/Ca+Mg**
- ***raportul* Cl^- /SO_4^{2-} şi CO_3^{2-} / SO_4^{2-};**
- ***repartizarea pe profil a sărurilor şi grosimea orizontului sărăturat.***

Tabelul 16

Tipul de salinizare

(după ICPA, 1978 citat de Davidescu, 2000)

Tipul	Criterii			
	Raportul dintre ionii exprimați în miliechivalenți		CO_3^{2-} mg/100 g sol	$CaSO_4$ %
	$\frac{CO_3^{2-} + HCO_3^-}{Cl^- + SO_4^{2-}}$	$\frac{Cl^-}{SO_4^{2-}}$		
Sodic	0,6	-	-	-
Sulfatic	0,5	0,2	10	0,3
Sulfato-cloruric	-	0,3 - 0,1	10	0,3
Sulfatic cu sodă	-	1,0	11	-
Sulfatic cu gips	-	10	-	0,4
Cloruric	-	5,1	10	0,3
Cloro-sulfatic	-	1,5 - 5,0	10	0,3
Cloruric cu sodă	-	1,1	11	-
Cloruric cu gips	-	1,1	-	0,4

11.5. Substanțe folosite ca amendamente pentru solurile saline şi alcalice

Corectarea reacției alcaline se face cu substanțe acidifiante. Substanțele cu calciu folosite pentru înlocuirea sodiului din complexul adsorbtiv se numesc amendamente pentru soluri saline şi alcalice. Prin aplicarea amendamentelor se formează săruri solubile ce îndepărtează sodiul, iar în cazul sărăturilor cu carbonați duc la transformarea ionului HCO_3^- sau CO_3^{2-} în CO_2 şi H_2O.

Amendamentele pentru solurile saline şi alcalice sunt: gipsul, sulful elementar sau activ, praful de lignit, fosfogipsul, acifer (sulfat de aluminiu şi de fier cu acid sulfuric), acidul sulfuric rezidual, clorura de calciu, sulfatul de aluminiu, polisulfura de calciu, carbonatul de calciu, oxidul de calciu. Valoarea de acidifiere a acestor produse este diferită.

Caracterizarea substanțelor folosite ca amendamente:

Gipsul $CaSO_4.2H_2O$ este amorf sau cristalizat, alb gălbui sau galben cenuşiu, cu solubilitate redusă în apă, conține 16-18% S, are cel puțin 70% $CaSO_4$, are coeficientul de neutralizare a=1, iar valoarea de acidifiere şi amendare este 100. Efectul de amendare al gipsului se bazează pe activitatea ionilor de Ca^{2+}, care prin schimb cationic trec pe complexul adsorbtiv înlocuind Na^+ cu formare de sulfat de sodiu, care este o sare neutră, solubilă care prin irigare, se îndepărtează din orizontul arabil.

$$\mathbf{Na\text{-}[CA]\text{-}Na + CaSO_4 \rightarrow [CA]{=}Ca + Na_2SO_4}$$

$$\mathbf{Na_2CO_3 + CaSO_4 \rightarrow CaCO_3 + Na_2SO_4}$$

$$\mathbf{2NaHCO_3 + CaSO_4 \rightarrow CaCO_3 + Na_2SO_4 + CO_2\uparrow + H_2O}$$

Se recomandă aplicarea de materie organică, care prin descompunere eliberează CO_2 care solubilizează sulfatul de calciu. Reacția de amendare durează 2-3 ani.

Fosfogipsul este reziduu obținut la fabricarea acidului fosforic, a hexametafosfatului şi a fosfatului trisodic, este amorf, de culoare cenuşiu-deschis sau gălbui, conține 60-70% gips, 4-8% P_2O_5, 14-16 % S, prezintă aciditate liberă datorată acidului fosforic şi sulfuric rezidual rezultat din procesul de fabricație. Are coeficientul de neutralizare a=1,25, valoarea de acidifiere

este de 80% față de gips. Se păstrează în halde mici pentru scăderea umidității sub 10% pentru a putea fi aplicat mecanizat. Se aplică pe soluri saline fără carbonați de sodiu, pe soluri cu cloruri şi sulfați.

Sulful elementar sau **activ, S,** conține 98-99% S, se găseşte sub formă de pulbere, batoane sau bulgări de culoare galbenă, are coeficientul de neutralizare a=0,18, iar valoarea de acidifiere de 550, este utilizat destul de limitat deoarece are preț de cost ridicat. S elementar aplicat ca amendament este oxidat la SO_3 de tiobacterii, iar în prezența apei se formează acidul sulfuric, care are efect acidifiant asupra solului. Se aplică pe soluri cu carbonați de sodiu.

oxidarea sulfului elementar $\mathbf{2S + 3\ O_2 \rightarrow 2\ SO_3}$
formarea acidului sulfuric cu apa din sol $\mathbf{SO_3 + H_2O \rightarrow H_2SO_4}$

formarea sulfatului de sodiu, $\mathbf{Na_2CO_3 + H_2SO_4 \rightarrow Na_2SO_4 + CO_2 + H_2O}$
o sare neutră, se reduce alcalinitatea solului.

Praful de lignit rezultă din exploatațiile miniere, este pulbere, are efect acidifiant prin sulful nativ pe care îl conține. Se aplică pe soluri puternic solonțate, pe solonețuri cu crustă.

Acifer se obtine prin imbibarea cu acid sulfuric a unui amestec de sulfat de fier, sulfat de aluminiu şi sulfat de calciu. Este amorf, cenuşiu, are 20-30% S. Are valoarea de acidifiere de 260 față de gips. Prin hidroliză se formează acidul sulfuric cu efect acidifiant asupra solului.

$$\mathbf{Al_2(SO_4)_3 + 6H_2O \rightarrow 2\ Al(OH)_3 + 3\ H_2SO_4}$$
$$\mathbf{FeSO_4 + 2\ H_2O \rightarrow Fe(OH)_2 + H_2SO_4}$$
$$\mathbf{Na_2CO_3 + H_2SO_4 \rightarrow Na_2SO_4 + H_2CO_3}$$

Se aplică pe soluri saline cu carbonați.

Clorura de calciu $CaCl_2.6H_2O$ este un deşeu obținut la fabricile de sodă, la aplicarea în sol rezultă NaCl, o sare neutră, care se spală pe profil.

$$\mathbf{Na\text{-}[CA]\text{-}Na + CaCl_2 \rightarrow [CA]=Ca + 2NaCl}$$

Valoarea de acidifiere este de 117 față de gips.

Sulfatul de aluminiu, $Al_2(SO_4)_3$ este un produs incolor, solubil in apa, cu valoare de acidifiere de 72 față de gips.

$$Al_2(SO_4)_3 + 6H_2O \rightarrow 2\ Al(OH)_3 + 3\ H_2SO_4$$
$$Na_2CO_3 + H_2SO_4 \rightarrow Na_2SO_4 + H_2CO_3$$

Sulfatul de feros, $FeSO_4.7H_2O$, sare cristalină verde, valoare de acidifiere 72 față de gips.

$$FeSO_4 + 2\ H_2O \rightarrow Fe(OH)_2 + H_2SO_4$$
$$Na_2CO_3 + H_2SO_4 \rightarrow Na_2SO_4 + H_2CO_3$$

Acid sulfuric rezidual, H_2SO_4, este un lichid cu 70-95% H_2SO_4, 32% S, de culoare gălbui uleios, cu valoare de acidifiere față de gips 260. Se aplică pe sărături cu carbonați de sodiu.

$$Na_2CO_3 + CaSO_4 \rightarrow CaCO_3 + Na_2SO_4$$

$$2NaHCO_3 + CaSO_4 \rightarrow CaCO_3 + Na_2SO_4 + CO_2\uparrow + H_2O$$

11.6. Calculul dozei de amendament pentru soluri saline şi alcalice

Corectarea agrochimică a solurilor saline şi alcalice este mai complexă decât a solurilor acide. Solurile sunt grupate în urma cartării agrochimice în complexe de soluri, apoi se stabileşte măsura de ameliorare. Ameliorarea solurilor saline şi alcalice urmăreşte modificarea raportului cationilor adsorbiți astfel încât să fie favorabil plantelor cultivate.

Calculul dozei de amendament pentru soluri sărăturate

- *Prin înlăturarea Na_{ads} nociv*, folosind relația Borlan ş.a., 1981 citat de Rusu ş.a., 2005:

$$DAG\left(\frac{t}{ha}\right) = \left[\left(Na_s^+ - 0,1 \cdot T\right) + \left(HCO_3^- + CO_3^{2-} - 1\right)\right] \cdot h \cdot d \cdot 0,086 \cdot \frac{100}{CGA}$$

Unde

Na_s^+ = conținutul de sodiu schimbabil din sol, me/100g sol;

T = capacitatea totală de schimb cationic a solului, me/100g sol;

$HCO_3^- + CO_3^{2-}$ = conținutul de bicarbonați şi carbonați solubili din sol, me/100 g sol;

h = adâncimea de încorporare a amendamentelor, cm.

d = densitatea aparentă a solului, g/cm^3;

CGA = **C**onținutul de **G**ips **E**chivalent din amendamentul respectiv exprimat în % $CaSO_4.2H_2O$ (80% la fosfogips, 117% la clorura de calciu, 175% la acidul sulfuric concentrat; 550% la sulf elementar; 62% la sulfatul feros, 78% la sulfatul de aluminiu)

- *Prin folosirea metodei grafice* folosind diagrama stabilirii dozei de gips în raport cu textura solului, gradul de saturație cu sodiu și conținutul în sodiu schimbabil din sol după David Davidescu, 1963 (fig.21).

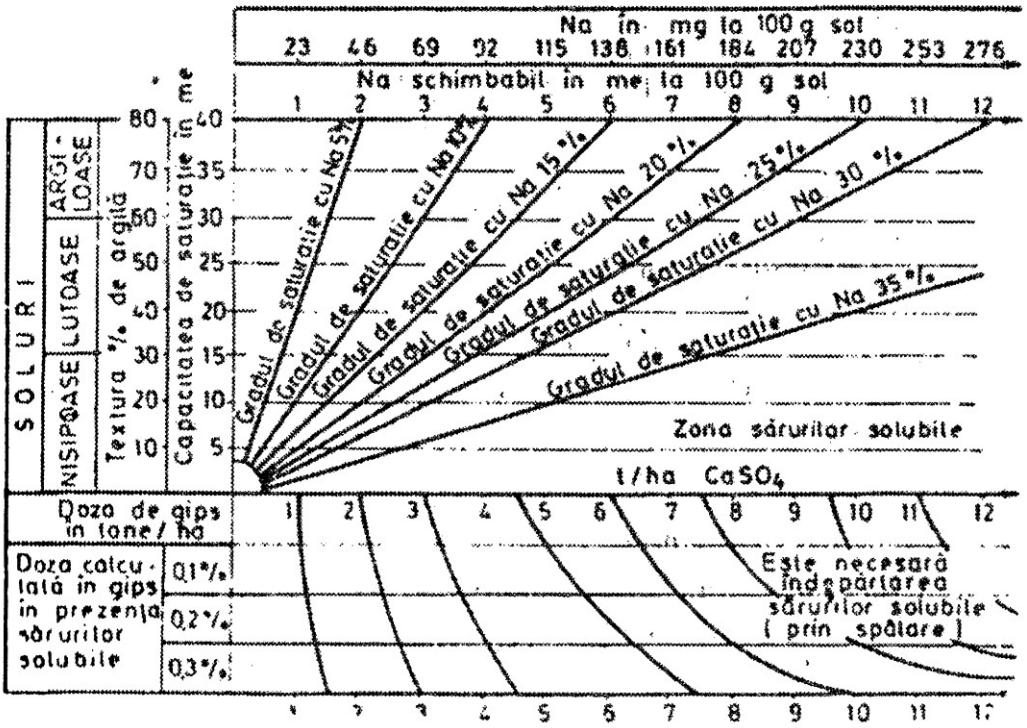

Na în mg la 100 g sol
23 46 69 92 115 138 161 184 207 230 253 276
Na schimbabil în me la 100 g sol
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12
me
Capacitatea de saturație în %
Textura % de argilă
SOLURI
ARGILOASE
LUTOASE
NISIPOASE
Gradul de saturație cu Na 5%
Gradul de saturație cu Na 10%
Gradul de saturație cu Na 15 %
Gradul de saturație cu Na 20 %
Gradul de saturație cu Na 25 %
Gradul de saturație cu Na 30 %
Gradul de saturație cu Na 35 %
Zona sărurilor solubile
t/ha CaSO4
Doza de gips în tone/ha
Doza calculată în gips în prezența sărurilor solubile
0,1%
0,2%
0,3%
Este necesară îndepărtarea sărurilor solubile (prin spălare)

Fig. 21 Stabilirea prin metoda grafică a dozei de gips (David Davidescu, 1963)

Urgența de corectare prin amendare cu gips se evaluaeză cu formula (după Rusu ș.a., 2005):

$$\mathbf{UG = 4 - 0,1\ PSA}$$

Unde, PSA = procentul de sodiu adsorbit din capacitatea totală de schimb cationic (% din T). Interpretarea valorilor obținute prin calculul UG –ului este următoarea: cu cât valoarea UG-ului este mai scăzută cu atât nevoia de amendare a solului este mai mare. Valori scăzute ale UG-ului presupun valori mari ale PSA-ului.

11.7. Amendarea diferențiată a solurilor sărăturate

Reacția de amendare apare după anul 2-3, efectul maxim al amendării se produce în anul 6, apoi scade. Dozele variază între 2-12 t/ha (fig.21). Prin aplicarea gunoiului de grajd efectul este superior.

Ameliorarea solurilor sărăturate necesită de regulă **măsuri complexe**.

În ordinea complexității sunt:

- arătura adâncă, fără răsturnarea brazdei, se recomandă reținerea zăpezii;
- scoaterea la suprafață prin arături adânci a orizontului cu carbonați sau sulfați;
- aplicarea de amendamente;
- spălări pentru îndepărtare sărurilor solubile prin levigare pe profilul solului;
- drenaj artificial, pentru evacuarea apelor încărcate cu săruri solubile.

Există patru **direcții** de grupare a solurilor sărăturate supuse ameliorării:

1. după condițiile de geneză;
2. după compoziția chimică, natura sărurilor şi raportul dintre diferiți cationi şi anioni;
3. după condițiile ameliorative şi anume: prin spălări, drenaj sau amendamente,
4. toleranța plantelor cultivate la salinitate;

Sărături cu carbonați.

Prin amendare trebuie să se înlăture **carbonații** (de sodiu), precum şi $\mathbf{Na_{ads}}$ din complexul adsorbtiv. Ca amendamente se folosesc produse de tipul substanțelor **acide** cum sunt: sulful, acidul sulfuric etc.

Reacțiile care au loc la amendare sunt:

$$\mathbf{2S + 3\ O_2 \rightarrow 2\ SO_3}$$

$$\mathbf{SO_3 + H_2O \rightarrow H_2SO_4}$$

$$\mathbf{Na_2CO_3 + H_2SO_4 \rightarrow Na_2SO_4 + CO_2 + H_2O}$$

Prin acțiunea amendamentelor are loc scoaterea Na din complexul adsobtiv, prin înlocuirea lui cu alți cationi, totodată se reduc CO_3^{2-}şi HCO_3^- prin descompunerea lor finală în CO_2 şi H_2O. **Nu**

este recomandat gipsul ($CaSO_4.2H_2O$) întrucât la scurt timp după aplicarea suprafața solului se formează o pojghiță protectoare de $CaCO_3$, care face ca reacțiile de schimb dintre gips şi sodiul adsorbit să se producă foarte încet, astfel că peste 50 % din gips rămâne în sol fără să reacționeze (după Davidescu, 1981).

$$\mathbf{Na_2CO_3 + CaSO_4 \rightarrow CaCO_3 + Na_2SO_4}$$

Sărături fără carbonați

Se ameliorează prin tratare cu **gips sau fosfogips** . Dozele de gips se calculează pornind de la cantitatea de sodiu ce trebuie îndepărtată, astfel încât să se realizeze un grad de saturație cu baze în care Na să fie sub 12 % din T.

Prin reacțiile de schimb dintre gips şi complexul adsorbtiv rezultă sulfatul de sodiu (Na_2SO_4), sare solubilă care este îndepărtată prin măsuri specifice (drenaj, spălare, reținerea zăpezii, arături adânci).

Reacția care are loc la aplicarea gispului pe un sol fără carbonați, cu salinitatea provocată de cloruri.

$$\mathbf{CaSO_4 + 2NaCl \rightarrow CaCl_2 + Na_2SO_4}$$

Reacțiile care au loc la aplicarea sulfului elementar pe un sol fără carbonați, cu salinitatea provocată de cloruri.

$$\mathbf{2S + 3\ O_2 \rightarrow 2\ SO_3}$$

$$\mathbf{SO_3 + H_2O \rightarrow H_2SO_4}$$

$$\mathbf{H_2SO_4 + 2NaCl \rightarrow 2HCl + Na_2SO_4}$$

Sărături cu cloruri şi sulfați

Pe aceste sărături, pentru corectarea însuşirilor agrochimice nefavorabile se utilizează gipsul urmat de spălare.

Amendarea agrochimică a solodiilor

Solodiile sunt amendate cu substanțe calcaroase precum $CaCO_3$, CaO, $Ca(OH)_2$, amendarea este diferită față de a cea a solurilor saline şi alcalice deoarece solodiile se formează din solonețuri pe care a stagnat apa. Aluminosilicații se desfac în acid silicic şi oxizi de aluminiu, Na_{ads} este înlocuit cu H^+. Amendarea constă în neutralizarea acidității rezultate. Amendamentele

calcaroase odată introduse în sol trec în $Ca(HCO_3)_2$, după care Na_{ads} prin reacția de schimb este înlocuit cu Ca.

TEST DE EVALUARE

1. Ce suprafață de teren agricol este estimată în țara noastră a fi ocupată de soluri sărăturate ?

Răspuns:

Solurile cu un conținut mărit de săruri solubile ocupă o suprafață de peste 500000 ha. Aceasta reprezintă 2,8 % din teritoriul agricol şi 4 % din suprafața arabilă.

2. Care sunt cauzele sărăturării solurilor ?

Răspuns:

Exerciții.

Exemplu rezolvat:

1. Măsuri suplimentare pentru ameliorarea sărăturilor:

a) Spălarea periodică a sărurilor, drenaj, arătura adâncă, aplicarea gunoiului de grajd

b) Praşila

c) Cultivarea plantelor furajere

d) Arătura fără întoarcerea brazdei

Rezolvare: a

De rezolvat:

2. Amendamente folosite pentru corectarea compoziției ionice a solurilor sărăturate sunt:

a) $CaCO_3$

b) Sulf elementar, fosfogips, gips

c) CaO

d) $Ca(OH)_2$

Rezolvare:

REZUMATUL TEMEI

Corectarea compoziției ionice a solurilor saline şi alcalice

11.1. Repartizarea solurilor sărăturate în țara noastră

11.2.Cauzele care duc la sărăturare

11.3.Criterii de clasificare a solurilor saline şi alcalice

Clasificarea solurilor după natura sărurilor: solonceacuri, soloneţuri, solodii.

Clasificarea solurilor după gradul de sărăturare: nesalinizate, slab salinizate, mijlociu sărăturate, puternic sărăturate.

11.4. Criterii de caracterizare a solurilor saline şi alcalice

11.5. Substanțe folosite ca amendamente pentru corectarea solurilor saline şi alcalice

11.6. Calculul dozei de amendament pentru solurile saline şi alcalice

11.7.Amendarea diferențiată a solurilor sărăturate

Tema nr. 12

Capacitatea de tamponarea a solului şi semnificația ei agrochimică

Unități de învațare:

- Capacitatea de tamponarea a solului pentru pH

Obiectivele temei:

-stabilirea factorilor de care depinde capacitatea de tamponare a solului: prezența în sol a acizilor slabi şi a sărurilor acestora; prezența unor substanțe amfotere; prezența unei suprafețe adsorbante puternice, reprezentată prin complexul adsorbtiv al solului; conținutul ridicat în humus.

Timpul alocat temei: 2 ore

Bibliografie recomandată:

1. Davidescu D.,Velicica Davidescu, 1981. *Agrochimia modernă*. Ed. Academiei RSR Bucureşti.
2. FAO, 2006. *Plant nutrition for food security,* Food and Agriculture Organization of the United Nations, Roma.
3. Madjar Roxana, 2008. *Agrochimie* – Planta şi solul. Ed. INVEL Multimedia, Bucureşti.
4. Madjar Roxana, Velicica Davidescu, 2009. *Agrochimie.* USAMVB, Facultatea de Horticultură, Învățământ la distanță, Bucureşti.

Din punct de vedere agrochimic prin capacitatea de tamponare a unui sol se înțelege însuşirea pe care solul o are de a se opune oricărei tendințe de modificare a concentrației unui ion (H^+, OH^-, PO_4^{3-}, K^+, Ca^{2+}) din soluția solului prin influența reciprocă dintre faza solidă şi lichidă.

Capacitatea de tamponare pentru pH reprezintă rezistența pe care o opune solul oricărei tendințe de modificare a reacției solului, când se intervine cu o substanță care disociază ca acid sau ca bază. Capacitatea de tamponare este o caracteristică a fiecărui sistem tampon şi reprezintă numărul de echivalenți gram, **Eg, de acid tare/bază tare adăugați într-un litru de extract de sol (soluție tampon) care modifică pH-ul cu o unitate.**

$$C_t = \frac{\mathbf{CantitateAcid/BazăAdăugată(Eg/l)}}{\mathbf{variația\ pH-ului}}$$

Capacitatea de tamponare pentru pH depinde de prezenței în sol a 4 factori:

- Sisteme tampon date de amestecuri de acizi slabi şi sărurilor lor;
- Prezența unor substanțe amfotere;
- Prezența unei suprafețe adsorbante puternice, reprezentată prin complexul adsorbtiv al solului;
- Conținutul în humus ridicat.

Sisteme tampon date de prezența acizilor slabi şi a sărurile lor. Acizi slabi precum acid carbonic, acizi humici, acizi aluminosilicici şi sărurile lor bicarbonați, carbonați, humați silicați reprezintă sistemele tampon pentru pH ale solului.

Prezența bicarbonatului de calciu $Ca(HCO_3)_2$, sare formată dintr-un acid slab şi o bază tare, reduce tendința de acidifiere prin reacția:

$$Ca(HCO_3)_2 \rightleftharpoons CaCO_3 + CO_2 + H_2O$$

Dacă la aplicarea îngrăşămintelor în sol apar *radicali acizi* atunci sărurile de $Ca(HCO_3)_2$ acționează tampon pentru ca pH-ul să nu se modifice, formând un compus greu solubil care nu influențează reacția solului.

$$Ca(HCO_3^-)_2 + (2H^+ + SO_4^{2-}) \rightleftharpoons CaSO_4 + H_2O + 2CO_2$$

Dacă apar *radicali bazici*

$$Ca(HCO_3^-)_2 + (Ca^{2+} + 2OH^-) \rightleftharpoons 2CaCO_3 + 2H_2O$$

pH rămâne neschimbat, deoarece se formează carbonat de calciu, o sare neutră care nu modifică pH-ul.

Substanțele amfotere. Substanțele amfotere sunt substanțele chimice care se comportă ca un acid în mediu bazic şi ca o bază în mediu acid, astfel de substanțe sunt de natură organică – acizii humici, proteine – şi de natură minerală – hidroxizii metalici- $Fe(OH)_3$, $Al(OH)_3$, $Zn(OH)_2$, $Pb(OH)_2$.

La o uşoară modificare a pH-ului substanțele amfotere cedează ioni hidroxil (OH^-) în mediu acid şi se comportă ca o bază, fie cedează protoni (H^+) în mediu bazic şi se comportă ca un acid.

În mediu acid $\quad R(OH)_n \rightleftharpoons R(OH)_{n-1} + OH^-$

În mediu bazic $\quad R(OH)_n \rightleftharpoons RO(OH)_{n-1} + H^+$

În mediu acid $[Fe(OH)_3]_n \rightleftharpoons [Fe_n(OH)_{3n-1}]^+ + OH^-$

În mediu bazic $[Fe(OH)_3]_n \rightleftharpoons [Fe_nO(OH)_{3n-1}]^- + H^+$

În mediu acid $[Al(OH)_3]_n \rightleftharpoons [Al_n(OH)_{3n-1}]^+ + OH^-$

În mediu bazic $[Al(OH)_3]_n \rightleftharpoons [Al_nO(OH)_{3n-1}]^- + H^+$

Suprafețe adsorbante puternice. Prezența unei suprafațe adsorbante mari reprezentată prin complexul adsorbtiv (**[CA]**) constituie cel mai puternic factor cu ajutorul căruia solul își exercită capacitatea de tamponare.

Capacitatea de tamponare la adăugarea unor substanțe cu caracter acid este cu atât mai mare cu cât complexul adsorbtiv este saturat cu baze. Pentru săruri cu hidroliză acidă $(NH_4)_2SO_4$ reacția de tamponare se desfăşoară în sensul neutralizării sursei de aciditate rezultată în sol cu formarea unei substanțe neutre, greu solubile de sulfat de calciu.

$$[C.A.]\begin{matrix}=Ca\\=Ca\\=Mg\end{matrix} + (2H^+ + SO_4^{2-}) \rightleftharpoons [C.A.]\begin{matrix}-H\\-H\\=Ca\\=Mg\end{matrix} + CaSO_4$$

Pentru săruri cu hidroliză bazică, reacția de schimb se realizează prin reținerea în complex a bazei şi formarea moleculelor neutre de apă, cu constantă de disociere mică astfel reacția solului nu se modifică.

$$[C.A.]\begin{matrix}=Ca\\=Mg\\-H\\-H\end{matrix} + (Na^+ + OH^-) \rightleftharpoons [C.A.]\begin{matrix}=Ca\\=Mg\\-H\\-Na\end{matrix} + H_2O$$

Există o corelație între capacitatea totală de schimb cationic (T) şi puterea de tamponarea a solului pentru pH. Solurile cu capacitatea de schimb cationic mare (T) au şi capacitatea de tamponare mare. Între pH-ul solului şi saturația în baze (V%) a solurilor există o dependență descrisă prin ecuațiile de tamponare stabilite de Saidel (1) şi de Pavlovschi şi Mavrodineanu (2) citate de Rusu ş.a., 2005:

$$\mathbf{pH = pK_s + lg\frac{V}{100 - V}} \qquad \mathbf{(1)}$$

$$pH = pK_s + \lg \frac{S_B}{S_H} \qquad (2)$$

Unde,

V = gradul de saturație în baze, în %.

K_s = constanta de disociere a substanțelor acidoide din sol, a cărei valoare stabilită experimental pentru solurile din România este de 5,9.

S_B= suma bazelor schimbabile, în me/100g sol.

S_H = suma hidrogenului schimbabil, în me/100g sol.

Borlan şi colab., 1995 citat de Rusu ş.a., 2005 defineşte indicatorii ce pot caracteriza indirect capacitatea de tamponare a solurilor prin valorile logaritmului zecimal al raportului dintre suma bazelor schimbabile (S_B) şi aciditatea hidrolitică (A_h) sau prin logaritmul raportului dintre capacitatea totală de schimb cationic (T) şi activitatea protonilor (H^+). S-a stabilit relația matematică pentru **C**apacitatea de **T**amponare pentru **R**eacție prin relația:

$$CTR = \lg \frac{S_B}{A_h} = \lg \left(\frac{T}{A_h} - 1 \right)$$

Prin evaluarea acestor indicatori se poate aprecia influența complexului adsorbtiv şi a capacității de adsorbție cu schimb a cationilor asupra capacității de tamponare pentru pH.

Conținutul în humus. Humusul şi substanțele de natură proteică prezintă grupări de tipul – COOH şi $–NH_2$ care reacționează amfoter.

Humusul are influență directă asupra capacității de tamponare a solului prin conținutul său în substanțe proteice cu grupări funcționale care reacționeză ca un acid sau ca o bază în funcție de modificarea mediului.

Substanțele de natură proteică reacționează după următorul mecanism al sistemelor tampon:

NH_3^+-[Substanță proteică]-COO^- + H^+ ⇌ NH_3^+-[Substanță proteică]-COOH
mediu acid

NH_3^+-[Substanță proteică]-COO^- + OH^- ⇌ NH_2-[Substanță proteică]-COO^-
mediu bazic

Humusul are o anumită limită, care dacă este depăşiță prin aportul de acid sau bază reacția solului se modifică.

Îngrăşămintele aplicate în doze mari an de an (care hidrolizează acid sau bazic) pot avea efecte negative asupra pH-ului.

Puterea de tamponarea a solurilor este diferită. Un sol argilos având un complex adsorbtiv bine reprezentat prin dispersia mai puternică a particulelor coloidale are o putere de tamponare mai mare decât un sol lutos al cărui complex adsorbtiv este mai slab reprezentat. Solul lutos are la rândul lui o putere de tamponare mai mare decât un sol nisipos a cărui capacitate de adsorbție este slabă.

$$\mathbf{C_t}\ \boldsymbol{SolArgilos} > \mathbf{C_t}\ \boldsymbol{SolLutos} > \mathbf{C_t}\ \boldsymbol{SolNisipos}$$

Solurile pot avea aceeaşi reacție dar capacitate de tamponare diferită, în concluzie pH-ul nu este o măsură a capacității de tamponare a unui sol, el indică numai starea de reacție a acestuia.

TEST DE EVALUARE

1.Care sunt factorii de care depinde capacitatea de tamponare a solurilor pentru pH ?

Răspuns:

Capacitatea de tamponare pentru pH depinde de prezenței în sol: a sistemelor tampon date de amestecuri de acizi slabi şi sărurilor lor; prezența unor substanțe amfotere; prezența unei suprafețe adsorbante puternice, reprezentată prin complexul adsorbtiv al solului; conținutul ridicat în humus.

2. Care este mecanismul de acțiune al capacității de tamonare pentru pH la adăugarea unei substanțe cu caracter acid în cazul solurilor saturate în baze?

Răspuns:

Exerciții.

Exemplu rezolvat:

1. Substanțele amfotere sunt substanțe chimice care se comportă ca:

a) un acid în mediu bazic şi ca o bază în mediu acid;

b) donor de protoni în mediu acid;

c) acceptor de protoni în mediu bazic;

d) substanțe acidifiante dacă mediul este acid.

Rezolvare: a

De rezolvat:

2. Bicarbonatul de calciu este o sare formată dintr-un :

a) acid tare şi o bază tare;

b) acid slab şi o bază tare;

c) acid slab şi o bază slabă.

d) acid tare şi o bază slabă.

Rezolvare:

REZUMATUL TEMEI

Capacitatea de tamponarea a solului şi semnificația ei agrochimică

Sisteme tampon date de amestecuri de acizi slabi şi sărurilor lor

Prezența unor substanțe amfotere

Prezența unei suprafețe adsorbante puternice reprezentată prin complexul adsorbtiv al solului

Conținutul în humus ridicat

Tema nr. 13

Fenomenele de oxido-reducere din sol şi importanța lor în aplicarea îngrăşămintelor

Unități de învațare:

- Fenomenele de oxido-reducere din sol

Obiectivele temei:

-definirea proceselor de oxidare şi de reducere în sens chimic şi semnificația agrochimică a acestora.

- exprimarea proceselor de oxido-reducere prin relația lui Nernst şi a puterii de oxido-reducere prin indicele rH_2.

Timpul alocat temei: 2 ore

Bibliografie recomandată:

1. Davidescu D.,Velicica Davidescu, 1981. *Agrochimia modernă*. Ed. Academiei RSR Bucureşti.
2. FAO, 2006. *Plant nutrition for food security,* Food and Agriculture Organization of the United Nations, Roma.
3. Madjar Roxana, 2008. *Agrochimie* – Planta şi solul. Ed. INVEL Multimedia, Bucureşti.
4. Madjar Roxana, Velicica Davidescu, 2009. *Agrochimie.* USAMVB, Facultatea de Horticultură, Învățământ la distanță, Bucureşti.

Fenomenele de oxido-reducere din sol. Potențialul de oxidoreducere este o însuşire fizico-chimică influențată de aerația din sol.

În sol, reacțiile de oxido-reducere sunt permanente, ele au o mare importanță în reglarea sistemului nutritiv al plantelor.

În sol, atât condițiile aerobe, cât şi cele total anaerobe sunt nefavorabile pentru acumularea substanțelor nutritive şi față de cerințele plantelor de cultură.

În procesele de oxidare se **eliberează energie** sub diferite forme, are loc o cedare de electroni, o creştere a sarcinii pozitive şi trecerea elementului la o valență superioară.

În procesele de reducere se **consumă energie**, are loc o acceptare de electroni, scăderea sarcinii pozitive şi trecerea la o valenţă inferioară a elementului.

În natură, fenomenele de oxidare se petrec întotdeauna odată cu fenomenele de reducere, deoarece electronii cedaţi de un element sunt acceptaţi de atomul unui alt element reducător, care se află în acelaşi sistem.

Astfel, reacţiile de oxidare şi reducere se petrec concomitent, de unde şi denumirea de reacţii de oxido-reducere sau redox.

Reacţiile de oxidare şi reducere se pot considera reversibile, ceea ce permite scrierea lor împreună:

$$O^m + ne^- \leftrightarrow \quad ^{m+} + \quad$$
$$R^n + \quad e^- \leftrightarrow \quad ^{n-} + \quad$$
$$\overline{O^m + \quad ^{n} \leftarrow \quad \rightarrow \quad ^{m+} + \quad ^{n-}}$$

În plantele verzi, în timpul creşterii şi dezvoltării datorită formării substanţelor de sinteză, predomină procesele de reducere. În schimb, în sol, pentru a avea condiţii favorabile pentru dezvoltarea plantelor, trebuie să predomine procesele de oxidare, care descompun materia şi eliberează energia.

Procesele de oxido-reducere se caracterizează prin **diferenţa de potenţial**. Acest lucru se petrece şi în sistemul sol-plantă, astfel că, dacă se introduce un electrod de platină în plantă, în sucul celular, iar altul în sol se va constata că sucul celular este încărcat cu electricitate negativă, iar soluţia solului, cu electricitate pozitivă.

Pentru exprimarea proceselor de oxido-reducere ale solului se folosesc diferite metode între care locul cel mai important îl ocupă **metoda potenţiometrică**.

Exprimarea se face prin relaţia rezultată din ecuaţia lui Nernst:

$$\mathbf{E} = \quad_0 + \frac{\mathbf{RT}}{\mathbf{nF}} \ln \frac{\blacksquare \mathbf{x}}{\blacksquare \mathbf{ed}}$$

E = potenţialul de electrod, mV;

E_0= potenţialul normal (standard), constanta ce caracterizează sistemul redox;

R = constanta universală a gazelor (8,316J/grad.mol);

T = temperatura absolută, (-273,16˚C) grade Kelvin;

n = nr. de electroni care participă la reacție;

F = ct. lui Faraday, 96 000 Coulombi, prin trecerea 1F se reduce sau se oxidează 1 echivalent gram de element sau substanță;

ln = logaritm natural în bază e;

[ox], [red] = concentrația oxidantului sau reducătorului, mol/l;

La T = 20˚ C şi prin înlocuirea ln cu lg, avem:

$$E_h = E_0 + \frac{0,058}{n} \lg \frac{[ox]}{[red]}$$

În raport cu energia care se consumă sau se eliberează se naşte o diferență de potențial care este cuprinsă în medie între 100 şi 600 milivolți.

Valoarea acestei diferențe de potențial este cu atât mai ridicată cu cât potențialul pozitiv al solului este mai mare, deci cu cât procesele de oxidare sunt mai puternice.

Schimbările potențialului de oxido-reducere al solului în cursul perioadei de vegetație influențează modificarea însuşirilor solului şi a soluției solului şi implicit are efect asupra nutriției plantelor. Aceste modificări influențează dinamica compuşilor cu Fe, Mn, N şi nutriția plantelor cu aceste elemente.

În reacții de oxido-reducere sunt implicate elemente cu valență variabilă:

Sistem redox pentru fier în sol:

$$\mathbf{Fe^{3+} + 1e^- \leftrightarrow Fe^{2+}} \qquad \textbf{reacție de reducere}$$

$$\mathbf{Fe^{2+} - 1e^- \leftrightarrow Fe^{3+}} \qquad \textbf{reacție de oxidare}$$

Sistem redox pentru mangan în sol:

$$\mathbf{Mn^{4+} + 2e^- \leftrightarrow Mn^{2+}} \qquad \textbf{reacție de reducere}$$

$$\mathbf{Mn^{2+} - 2e^- \leftrightarrow Mn^{4+}} \qquad \textbf{reacție de oxidare}$$

În solurile cu condiții de anaerobioză se mobilizează ionii cu valențe reduse (Mn^{2+}, Fe^{2+}), iar în solurile aerate, predomină ionii cu valențe superioare (Mn^{4+}, Fe^{3+}).

Pe solurile acide are loc reducerea manganului şi a fierului, se disponibilizează astfel ionii de hidroxil OH^-, cu efect de neutralizare a acidității solului. Procesele de oxidoreducere sunt

implicate şi în retrogradarea ionului fosfat prin fixarea ionului fosfat în compuşi greu solubili sau din contră mobilizarea acestuia şi trecerea lui în forme solubile în funcţie de valenţa ionilor hidroxi-Al, hidroxi-Fe.

Procesele de oxidoreducere au importanţă şi în activitatea microorganismelor din sol implicate în mobilitaea unor elemente nutritive din sol, cum ar fi circuitul N, P şi S. Sinteza humusului saturat se face în condiţii de aerobioză, cînd în sol predomină procesele de oxidare, iar la anaerobioză se formează humusul hidromorf şi turba. (după Rusu ş.a, 2005).

Indicele rH_2. Clark a propus exprimarea puterii de oxidoreducere, prin analogie cu pH-ul, prin indicele rH_2, care reprezintă log zecimal negativ al presiunii fictive a hidrogenului molecular la un electrod indiferent cufundat într-o soluţie redox.

$$\mathbf{rH_2 = -lgP_{H_2}}$$

La T = 20˚ C, variază intre 0-41.

$$\mathbf{rH_2 = \frac{E_h + 0,058pH}{0,029}} \qquad \mathbf{rH_2 = \frac{E_h}{0,029} + 2pH}$$

rH_2 are valori absolute în sol cuprinse între 21-38, în soluri bine aerate valoarea rH_2 este cuprinsă între 28-34, iar pentru solurile slab aerate avem rH_2=22-23.

Sposito (1989) citat de Rusu ş.a., 2005 propune aprecierea oxidabilităţii solului după valoarea pE, care reprezintă logaritmul zecimal negativ al acţivităţii electronilor liberi.

$$\mathbf{pE = - lg(e^-)}$$

Valorile activităţii electronilor liberi sunt cuprinse între -6 şi +13, iar pentru valori mai mari de 7 predomină procesele de oxidare. Când comparăm valorile potenţialului redox la diferite soluri folosim E_{hmax} şi rH_{2max} . E_h are valori cuprinse între 200-700 mV, sunt limitele inferioare şi superioare în interiorul cărora condiţiile de oxido-reducere din sol sunt favorabile pentru creşterea şi dezvoltarea normală a plantelor.

La E_{hmin} 200mV, în sol predomină procese de reducere, apropiate de anaerobioza completă, se acumulează compuşi în concentraţie toxică pentru plante.

Valorile E_h ridicate de peste 400mV caracterizează un mediu bogat în oxigen cu condiţii favorabile mineralizării materiei organice

La E_{hmax} 700mV, în sol se petrec procese predominant de oxidare, apropiate de aerobioză completă, are loc o sărăcire a solului în elemente nutritive, ce provoacă deranjamente de nutriție şi apariții ale carențelor.

Vara valorile potențialului de oxidoreducere pe solurile podzolice este de 600-750 mV, iar pe cernoziomuri de 450-600 mV.

Reglarea proceselor de oxidoreducere din sol se face mai bine în condiții naturale pe solurile cu structură glomerulară stabilă, cu conținut ridicat de humus şi reacție neutră sau uşor acidă.

Prin introducerea îngrăşămintelor în sol se produc modificări ale potențialului redox în raport cu doza şi felul îngrăşământului: introducerea $Ca(H_2PO_4)_2$ ridică potențialul redox, spre deosebire de $(NH_4)_2SO_4$, care micşorează potențialul redox.

TEST DE EVALUARE

1.Care este semnificația procesului de oxidare ?

Răspuns:

În procesele de oxidare se **eliberează energie** sub diferite forme, are loc o cedare de electroni, o creştere a sarcinii pozitive şi trecerea elementului la o valență superioară.

2. Care este semnificația procesului de reducere ?

Răspuns:

Exerciții.

Exemplu rezolvat:

1. Procesele de oxidare au loc cu:

a) Cedare de electroni, creşterea sarcinii pozitive şi eliberare de energie

b) Cedare de electroni, scăderea sarcinii pozitive şi eliberare de energie

c) Acceptare de electroni, creşterea sarcinii pozitive şi eliberare de energie

d) Acceptare de electroni, scăderea sarcinii pozitive şi consum de energie

Rezolvare: a

De rezolvat:

2. Procesele de oxidare au loc preponderent în:

a) În plantă, prin formarea substanțelor de sinteză

b) În sucul celular al plantelor

c) În sol, cu consum de materie organică

d) În sol, cu acumulare de materie organică

Rezolvare:

REZUMATUL TEMEI

Fenomenele de oxido-reducere din sol

În procesele de oxidare se **eliberează energie** sub diferite forme, în procesele de reducere se **consumă energie.**

În plantele verzi, în timpul creşterii şi dezvoltării datorită formării substanțelor de sinteză, predomină procesele de reducere, în sol pentru a avea condiții favorabile pentru dezvoltarea plantelor, trebuie să predomine procesele de oxidare, care descompun materia şi eliberează energia.

Ecuația lui Nernst: $E = E_0 + \frac{RT}{nF} \ln \frac{[ox]}{[red]}$

Indicele rH_2. $rH_2 = -\lg P_{H_2}$

Tema nr. 14

Biodinamica substanţelor nutritive din sol şi starea de fertilitate

Unităţi de învaţare:

- Biodinamica azotului
- Biodinamica fosforului
- Biodinamica potasiului
- Biopreparate pentru fertilizarea solului

Obiectivele temei:

- stabilirea circuitului N, P şi K în natură

- prezentarea unor biopreparate cu rol în creşterea şi menţinerea fertilităţii solului

Timpul alocat temei: 2 ore

Bibliografie recomandată:

5. Davidescu D.,Velicica Davidescu, 1981. *Agrochimia modernă*. Ed. Academiei RSR Bucureşti.
6. FAO, 2006. *Plant nutrition for food security,* Food and Agriculture Organization of the United Nations, Roma.
7. Madjar Roxana, 2008. *Agrochimie* – Planta şi solul. Ed. INVEL Multimedia, Bucureşti.
8. Madjar Roxana, Velicica Davidescu, 2009. *Agrochimie.* USAMVB, Facultatea de Horticultură, Învăţământ la distanţă, Bucureşti.

Fertilitatea efectivă a solului e condiţionată şi de satisfacerea condiţiilor necesare desfăşurării activităţii biologice a acestor organisme în sol. Într-un gram de sol se află în medie 22-45 milioane bacterii, 0,7-1,5 milioane ciuperci, 100 mii alge.

În condiţii favorabile masa totală de microorganisme ajunge în stratul arabil la 5-7t/ha şi se reînnoieşte în decurs de o lună de 2-3 ori. Microorganismele din sol se află în relaţii reciproce cu rădăcinile plantelor rizosferă-nodozităţi –micoriză. Materia organică din sol constituie pentru majoritatea microorganismelor din sol (excepţie fac bacteriile nitrificatoare) substratul din care acestea îşi iau energia necesară pentru procese lor vitale.

Majoritatea bacteriilor, cu excepția celor nitrificatoare, pentru desfăşurarea ciclului lor vital au nevoie de materie organică, de humus.

Solurile bogate în materie organică au activitate microbiologică intensă. Solurile acoperite cu vegetație au activitate microbiologică intensă. Unele verigi tehnologice (erbicide, fungicide, irigațiile) influențează activitatea acestor microorganisme.

Aceste microorganisme consumă energie, dar eliberează CO_2, care ajută la aprecierea fertilității prin mineralizarea şi solubilizarea elementelor nutritive şi intensificarea procesului de fotosinteză.

Solul conține în raport cu însuşirile fizice şi chimice, cantități diferite de bacterii: bacterii amonificatoare, nitrificatoare, denitrificatoare (N), fosfobacterii (P), sulfobacterii reducătoare, oxidante (S), ferobacteerii reducătoare, oxidante (Fe), bacterii manganifere (Mn).

Pe solurile cu reacție neutră sau slab acidă condițiile de viață a microorganismelor sunt favorabile. Pe solurile acide se dezvoltă ciuperci, cu efecte negative

Un sol cu activitate microbiologică este mai fertil decât solurile fără activitate bacteriană (nisip, podzol). Fiecare bacterie are un circuit specific, aceste circuite sunt influențate de activitatea umană în procesul tehnologic.

Biodinamica elementelor se referă la circuitul elementelor nutritive în natură, dar şi la circuitul carbonului şi oxigenului, la schimbul dintre biosferă şi mediul înconjurător.

În circuitul biologic al oxigenului, al apei şi al carbonului rolul principal revine proceselor fotochimice. Rezistența biosferei la acțiunea factorilor externi, la care se adaugă şi activitatea umană, este condiționată de existența mai multor procese ciclice de schimb a elementelor chimice între diferiți componenți ai biosferei. La baza echilibrului dinamic din natură stă mecanismul de autoreglare a compoziției chimice. Circuitul elementelor în biosferă - carbon, oxigen, azot, sulf, fosfor etc. reprezintă trecerea lor din forma minerală în materia vie şi invers ca urmare a unor transformări chimice şi biologice.

14.1. Biodinamica azotului

Azotul joacă un rol important în biosferă. El este componentul de bază al atmosferei terestre. Deoarece azotul este mai puțin reactiv din punct de vedere chimic, circuitul lui în atmosferă se deosebeşte esențial de cel al oxigenului. Circuitul biologic al azotului este

practic un circuit închis care nu are influență directă asupra compoziției chimice a atmosferei. Un proces important de implicare a azotului atmosferic în circuitul biologic este cel de fixare a azotului atmosferic cu formarea amoniacului şi a altor compuşi ai azotului ca urmare a activității microorganismelor solului.

Starea de oxidare a azotului în compuşii chimici variază de la -3 (în NH_3) pînă la +5 (în HNO_3).

Legat sub formă de NH_3 (NH_4^+) şi NO_3^- azotul este absorbit de către plante şi este folosit la sinteza compuşilor ce conțin azot, în special a proteinelor vegetale ce servesc drept hrană pentru animale. În organismul acestora ele se descompun în aminoacizi şi se transformă în proteine animale sau sunt eliminate din organism odată cu dejecțiile În natură există microorganisme capabile să transforme aceste dejecții în N_2 şi astfel are loc circuitul biologic al azotului. Ciclul azotului în biosferă poate fi prezentat prin schema din figura 22.

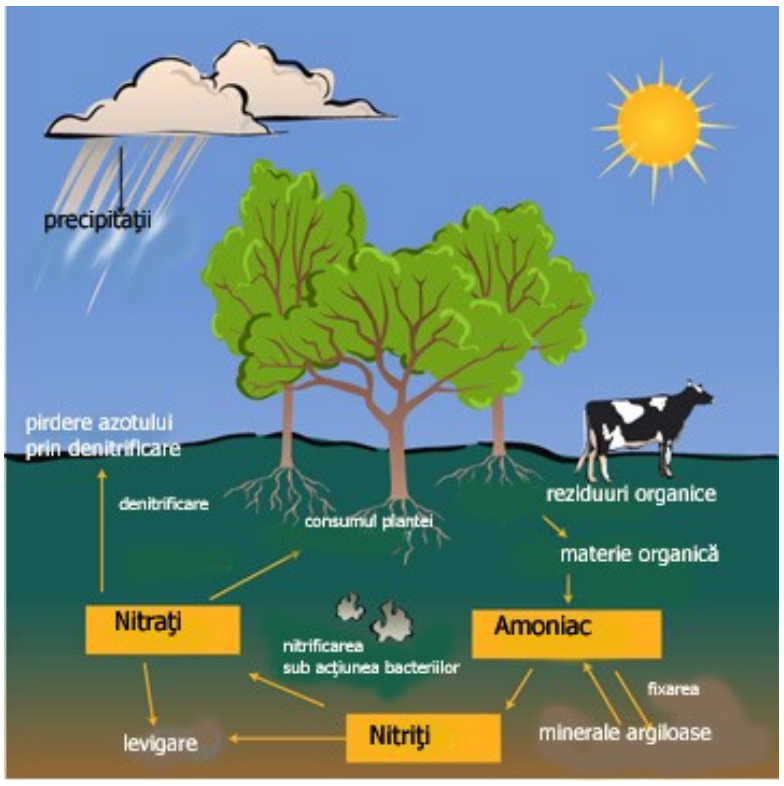


Fig. 22 Ciclul azotului în natură

(după UCAR- University Corporation for Atmospheric Research)

Fixarea azotului atmosferic (N_2) se face de către două grupe de bacterii nesimbiotice (cu activitate independent de plante) şi simbiotice (în relație cu planta prin nodozitățile de pe rădăcină).

Bacteriile nesimbiotice:

- Aerobe: *Azotobacter chroococcum* (bacterie izolată de J.B.Boussingault în 1838) acționează în mediu aerob, în sol bogat în materie organică, la pH 6-8 şi are capacitate să fixeze pentru 1g C în corp 8-10 mg N.
- Anaerobe: *Clostridium pasteurianum* (bacterie izolată în 1893 de S.N.Vinogradski) activează în mediu anaerob, la pH 5,7-7,3, pentru 1 g C în corp se fixează 3-7 mg N.

Bacteriile simbiotice

Hellriegel (1888) a descoperit că fixarea azotului în nodozitățile unor plante se datorează unor bacterii din grupa *Rhizobium*, din care s-au izolat 9-16 specii. Bacteriile trăiesc în nodozitățile de pe rădăcinile leguminoaselor. Ele activează în condiții aerobe, la temperatura de 18-26˚C şi pH 5,5-7. În condiții naturale, legarea N_2 este înfăptuită în special de bacteriile care trăiesc pe rădăcinile unor plante (mazăre, fasole, soia, lucernă, trifoi etc.).

Mecanismul fixării N_2 atmosferic în corpul bacteriei. Reducerea fermentativă a N_2 de către bacteriile din rădăcini cu participarea atomilor de H din apă contribuie la formarea NH_3. Drept catalizator serveşte nitrogenaza. S-a dovedit că nitrogenaza este un complex fermentativ complicat care constă din două proteine cu masă moleculară diferită în componența cărora intră clusterul Fe_4S_4 (în raport de 4 şi 1). Proteina mai mare conține de asemenea doi atomi de fier şi o Mo-coenzimă cu până la 6-8 atomi de fier pentru un atom de molibden. Reducerea N_2 are loc numai în prezența acestor două proteine.

$$N\equiv N + 6e^- + 6H^+ \xrightarrow[Mo\ Fe]{ATP \rightleftharpoons ADP} 2NH_3$$

Planta aprovizionează bacteriile cu substanțe organice, iar bacteriile aprovizionează plantele cu azot fixat din atmosferă prin acelaşi mecanism ca şi bacteriile nesimbiotice.

Procesele de nitrificare, denitrificare şi amonificare sunt rezultatul activității bacteriilor corespunzătoare. Bacteriile denitrificatoare sunt răspîndite în solurile cu un conținut mic de O_2. N_2O gazos, format în urma activității vitale, trece parțial în atmosferă. Circuitul natural al

azotului se caracterizează printr-o viteză mică deoarece este supus acțiunilor antropogene. În momentul de față echilibrul azotului în biosferă este încălcat: bacteriile denitrificatoare nu mai reuşesc să prelucreze cantitățile crescânde de azot care trec în mediul ambiant în urma activității umane. Drept rezultat are loc acumularea nitraților şi a produselor intermediare de nitrificare în mediul înconjurător.

Procesele de amonificare, nitrificare, denitrificare din sol

Azotul are ca sursă principală în sol materia organică. Din azotul total din sol, numai 0,5-5% este reprezentată de formele anorganice (nitrați, săruri de amoniu). Formele de azot anorganic din sol provin din îngrăşămintele administrate, din apele de precipitație şi din descompunerea materiei organice prin procese microbiologice. Datorită condițiilor variate în care îşi desfăşoară activitatea microorganismele din sol, compuşii organici se transformă în produşi cu azot accesibili plantelor.

1.Amonificarea

Majoritatea plantelor, asimilează azotul din sol sub formă NH_4^+ si NO_3^-. Sunt însă unele plante care pot să asimileze azotul direct din aer folosindu-l în metabolism la sinteza substanțelor proteice.

Humusul, resturile organice vegetale si animale din sol transformate de către microorganisme şi îngrăşămintele chimice administrate de tehnologi reprezintă sursa de NH_4^+ pentru plante.

Compuşii organici cu azot sub acțiunea unor grupe de ciuperci si bacterii ca: *Pseudomonas ovalis, Bacterium mycoides, Bacterium tumefaciens, Proteus vulgaris*, sunt desfăcuți într-o primă etapă în produşi intermediari (polipeptide, peptide, amide) iar în final în amoniac. Această descompunere a substanțelor organice azotate (protide, aminoacizi, uree, etc) cu formare de amoniac se numeşte ***amonificare***.

Amoniacul ce rezultă în urma procesului de amonificare este reținut în complexul adsorbtiv al solului, sau dizolvat în soluția solului. In anumite condiții el se poate transforma în prezența bacteriilor nitrificatoare în nitriți, nitrați.

2.Nitrificarea

Oxidarea amoniacului are loc în sol în condiții de aerație suficientă, umiditate 50-60% din capacitatea de apă, temperatura optimă de 35-37^{o}C, reacție neutră sau alcalină sub influența unor bacterii specifice.

Nitrificarea are loc în două faze:

Sub acțiunea bacteriilor din familia Nitrobacteriaceae - genurile *Nitrosomonas, Nitrosococcus, Nitrosoglea, Nitrospira, Nitrosocystis, Nitrosospira* **amoniul se oxidează în prima treaptă la nitriți**;

Sub acțiunea bacteriilor *Nitrobacter, Nitrocystis, Bacteriderma alba, Bacterium rosea* **are loc oxidarea nitriților** (NO_2^-) **în nitrați** (NO_3^-);

In final prin reacții cu hidroxizii din sol se obțin săruri ale acidului azotic.

Procesele de nitrificare sunt încetinite de prezența unei mari cantități de materie organică nedescompusă (paie, coceni). In condiții favorabile, într-un an prin nitrificare se poate produce în medie o cantitate de cca. 60kg nitrați /ha.

3.Denitrificarea

Un fenomen negativ, nedorit care afectează condițiile de nutriție a plantelor, îl reprezintă denitrificarea care constă în reducerea nitraților în nitriți, amoniac până la azot molecular.

Procesul se petrece în etape si este produs de bacterii specifice astfel:

A) Reducerea nitraților în nitriți produsă de *Bacillus megatherium, Escherichia colli, Pseudomonas pyocyanea*;

B) Reducerea nitriților în oxid de azot produsă de *Bacillus subtilis, Clostridium sporogens;*

C) Eliberarea azotului elementar produsă de *Bacillus denitrificans, Bacillus nitroxus, Vibrio denitrificans.*

Procesul de denitrificare are loc în soluri cu pH bazic când temperatura depășește 27-37^{o}C în condiții de secetă, cu conținut mare de materie organică, bogate în hidrați de carbon (gunoi de grajd păios, nefermentat).

Microorganismele denitrificatoare își procură oxigenul prin reducerea compușilor oxigenați ai azotului, iar energia necesară proceselor biologice din desfacerea hidraților de

carbon. Denitrificarea are loc cu consum de energie calorică, este un proces nedorit prin care azotul din sol se pierde intrând în circuitul atmosferic.

14. 2. Biodinamica fosforului

Suprafața terestră conține aproximativ 0,1% fosfor. Fosforul nu se întîlneşte în natură în stare liberă ci doar sub formă de compuşi chimici şi minerale, îndeosebi minerale fosfatice. Sursa principală de fosfor este apatita care conține fosfat sub formă de $Ca_3(PO_4)_2$.

În compuşii săi fosforul poate avea starea de oxidare -3, +1, +3, +4 sau +5. Mai mult sunt răspîndite stările de oxidare +3 şi +5.

Circuitul fosforului este mai simplu decît circuitul azotului şi cuprinde doar litosfera şi hidrosfera. Are loc în special prin trecerea unilaterală a fosforului de pe uscat în apă. Ca urmare, circulația fosforului depinde de rezervele de fosfor din roci şi din precipitații (fig. 23).

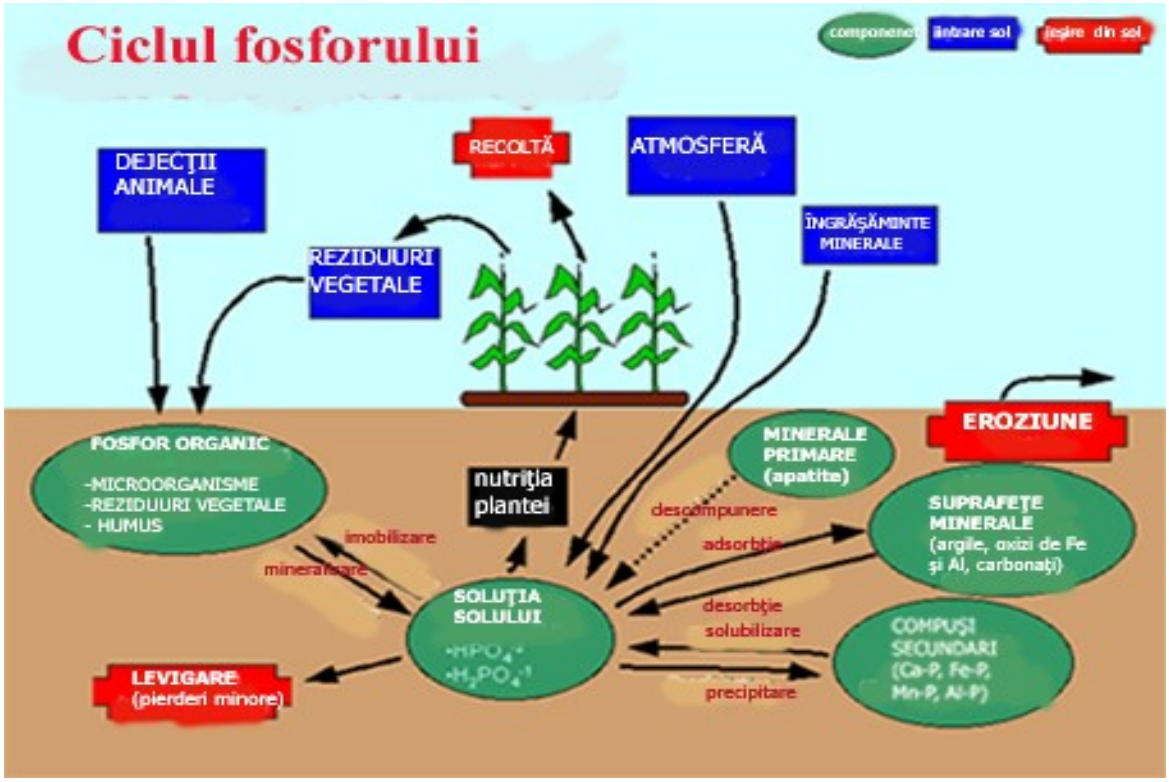


Fig. 23 Ciclul fosforului în natură

(după Potash and Phosphate Institute citat de Mississipi State University)

Compuşii fosforului joacă un rol deosebit în sistemele biologice. Acest element intră în componența grupelor fosfatice din moleculele de ARN şi AND care sunt răspunzătoare pentru biosinteza proteinelor şi transmiterea informației ereditare. El mai este conținut şi în moleculele de adenozintrifosfat (ATP) cu ajutorul cărora energia chimică se acumulează în celulele biologice.

Luând în considerație aceste particularități, se ajunge la concluzia că limitarea fosforului în mediul ambiant poate contribui la limitarea proceselor vitale.

Din mediul acvatic fosforul se separă îndeosebi ca urmare a sedimentării sub formă de fosfați de fier insolubili.

14.3. Biodinamica potasiului

Ciclul potasiului este aproape în întregime de natură anorganică. Rolul major al potasiului în organismul viu este de control asupra osmozei din celulă, potasiul fiind absorbit, reținut şi desorbit sub forma ionică(K^+). Cantitatea de potasiu solubil este relativ mică, dar se află în echilibru dinamic cu cantități mult mai mari de potasiu schimbabil de unde este eliberat prin schimb cationic. Solul conține şi potasiu în forme potențial asimilabile care reprezintă rezerva de potasiu pentru plante. Potasiul prezent în mineralele argiloase trece în forme schimbabile prin procesele de transformare a mineralelor în timp, depinzând în mare măsură de proporția şi tipul de argile prezente în sol (fig. 24).

Potasiul solubil din soluția solului este direct accesibil plantelor. Cantitatea de potasiu în soluția solului variază în funcție de fertilizanții aplicați, climă şi istoricul culturilor, dar de cele mai multe ori cantitățile de potasiu solubil nu sunt suficiente pentru nevoile plantelor cultivate.

Potasiul schimbabil este reținut pe complexul argilo-humic. Acestă formă de potasiu este considerată ca fiind uşor accesibilă şi împreună cu potasiul din soluția solului reprezintă formele determinate analitic pentru stabilirea aprovizionării solurilor cu potasiu în timpul vegetației, cele două forme de potasiu aflându-se într-un echilibru dinamic, iar evaluarea disponibilității potasiului în forme direct accesibile plantelor este necesară deoarece cantitățile de K accesibile plantelor variază pe întreaga perioadă de vegetație.

Potasiul neschimbabil "fixat" reprezintă potasiul potențial asimilibabil, evaluarea cantității de potasiu fixat în sol se face prin extracții în reacțivi specifici, dar prin astfel de

extracții nu se pot determina cantitățile eliberate anual ci doar cantitatea existentă în acesta formă la data analizei.

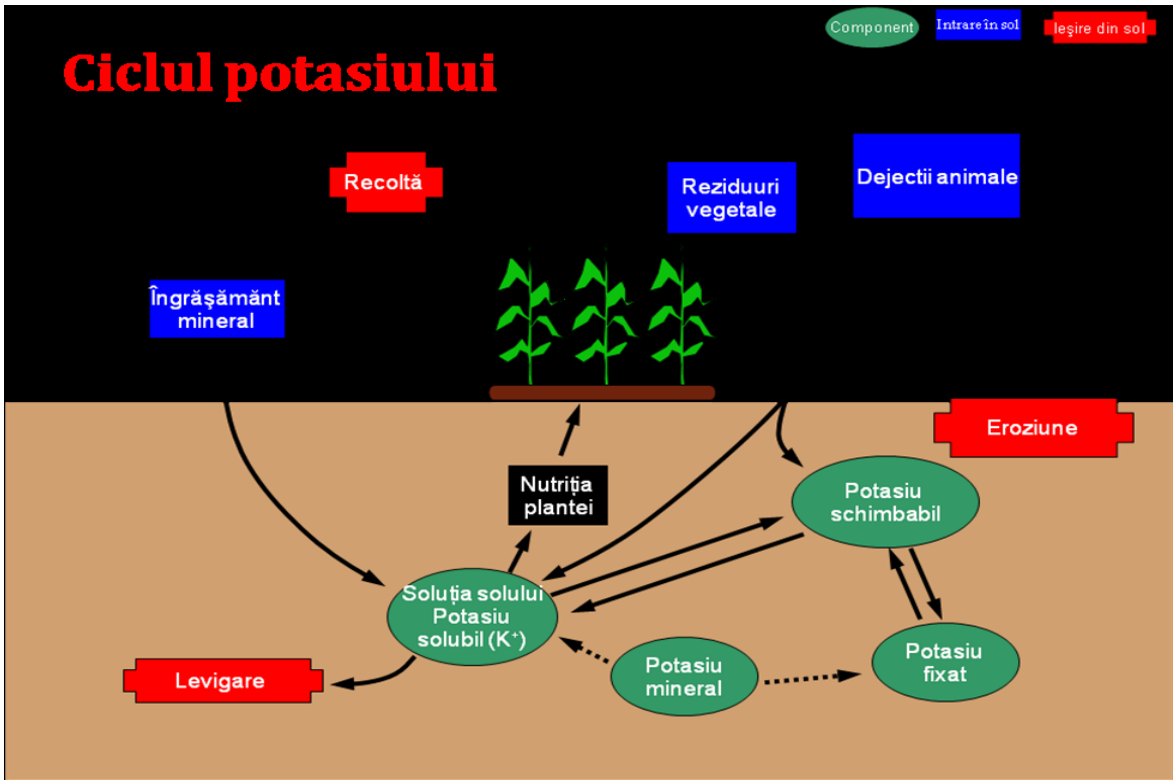


Fig. 24 Ciclul potasiului în natură (după International Plant Nutrition Institute, 2008)

Potasiul mineral trece în forme schimbabile în condiții speciale în urma unor procesele chimice şi biologice care favorizează trecerea formelor minerale de potasiu în forme reținute sau adsorbite.

14.4. Biopreparate pentru fertilizarea solului

Pornind de la efectul pozitiv pe care unele microorganisme îl au asupra îmbogățirii solului în unii compuşi asimilabili de către plante s-au făcut cercetări pentru înmulțirea lor în laborator şi apoi în condiții industriale pentru utilizarea lor în practică.

Pentru prima dată preparate pentru fertilizarea solului au fost obținute de Nobbe şi Hiltner în 1897, iar în țara noastră în 1936 prof. Traian Săvulescu şi colab. au realizat „vaccinul pentru soia", denumit astăzi **nitragin.**

Nitraginul se pregăteşte diferențiat pentru fiecare specie de plantă: nitragin-soia (*Rhizobium japonicum*), nitragin – lucernă (*Rhizobium melilotti*), nitragin- trifoi (*Rhizobium trifolii*), nitragin – mazăre, linte (*Rhizobium leguminosarum*), nitragin-fasole (*Rhizobium phaseoli*), nitragin –lupin (*Rhizobium lupini*).

Solul în urma cultivării plantelor se îmbogățeşte cu 60-80 kgN/ha în cazul leguminoaselor anuale, 180-300 kgN/ha în cazul leguminoaselor perene. În prezent se prepară Nitragin pentru îmbogățirea solului cu astfel de bacterii.

Nitragin- preparare. Se recoltează de la plante viguroase nodozitățile roz, netede, se spală, se mojarează şi se obține o suspensie de microorganisme, care se înmulțesc pe mediu de agar-agar, se verifică puritatea speciei, înmulțirea se face în camere termostatate, la 26˚C, apoi se aclimatizează la 3-10˚C, se stochează în flacoane de 250 ml.

Tratamentele au efecte pozitive. Se face tratarea semințelor în ziua semănatului, 2flacoane/ha. (Davidescu V., 2000) Pentru aplicare se procedează conform unui protocol respectat riguros. Se adaugă apă caldă, bacteriile trec în suspensie, semințele se umectează cu această suspensie înainte de semănare, tratamentul se face la umbră. Există şi o metodă a cercetătorilor români care foloseşte adaos de 5% aracet, în suspensie, la un pH neutru. Avantajul metodei constă în faptul că se pot semăna şi după 3 săptămâni, bacteriile rămânând viabile pe semințele tratate.

Azotobacterin este un îngrăşământ bacterian alcătuit din culturi de azotobacterii, un biopreparat ce conține bacterii aparținând speciei *Azotobacter chroococcum.* Azotul este asimilat direct din aer, substratul energetic fiind consituit din materia organică din sol. În decursul unui an se poate acumula în sol o cantitate de 20-40 kgN/ha.

Fosfobacterin conține bacterii aparținând speciei *Bacillus megatherium* var. *phosphaticus*. Acest biopreparat eliberează fosfor din compuşii organici din sol.

Silicobacterin conține tulpini selecționate de *Bacillus mucilaginosus* ssp. *siliceus* şi are însuşirea de a descompune unii aluminosilicați şi de a elibera astfel potasiul.

Condițiile eficienței biopreparatelor. Factorul activ îl constituie microorganismele vii, astfel trebuie să existe în sol condiții favorabile înmulțirii şi activității lor normale (după Davidescu D., 1992). Este necesară îndeplinirea unor condiții:

- Conținutul în materie organică din sol trebuie fie ridicat;
- Structura glomerurală a solului, care să asigure un regim de apă şi aer favorabil activității microorganismelor;
- Folosirea îngrăşămintelor minerale pentru asigurarea solului cu macro- şi microelemente;
- Menținerea pH-ului aproape de neutru (6,3-7,2);
- Respectarea normelor şi procedurilor de aplicare (însămânțarea în sol umed a semințelor tratate).

Aportul biologic din sinteza sau descompunerea substanțelor organice trebuie să fie cu mult mai mare decît fluxul de substanțe nutritive în biosferă. Trecerea dintr-o stare dinamic echilibrată (pe baza circuitului închis al substanțelor) într-o stare staționară, cînd aportul exterior de substanțe nutritive ar satisface o bună parte din necesitățile biologice, ar duce inevitabil la dereglarea ecosistemului.

Biocenoza care funcționează pe seama circuitului închis al substanțelor are nevoie de activitate şi cheltuieli energetice; în caz contrar ea va pierde capacitatea de a concura cu biocenoza care îşi bazează existența pe aportul de substanțe nutritive din exterior.

Mediul ambiant conține rezerve de substanțe organice şi anorganice care sunt implicate în circuitul biologic. Pentru susținerea echilibrului dintre procesele de sinteză şi de descompunere a substanțelor chimice biologic active, rezervele acestor substanțe sub formă organică şi anorganică trebuie să fie nu numai limitate dar să şi coincidă ca ordin de mărime.

TEST DE EVALUARE

1.Care sunt grupele de bacterii care fixează azotul atmosferic în plante ?

Răspuns:

Fixarea azotului atmosferic (N_2) se face de către două grupe de bacterii: nesimbiotice (cu activitate independent de plante) şi simbiotice (în relație cu planta prin nodozitățile de pe rădăcină).

2. Care este substanța anorganică care se formeză în procesul amonificării prin descompunerea substanțelor organice azotate ?

Răspuns:

Exerciții.

Exemplu rezolvat:

1. În procesul nitrificării are loc oxidarea amoniacului cu formare de:

a) NH_4OH

b) Nitriți şi nitrați

c) NH_2OH

d) aminoacizi

Rezolvare: a

De rezolvat:

2. La prepararea Nitraginului se folosesc bacterii aparținând genului:

a) *Azotobacter chroococum*

b) *Clostridium pasteurianum*

c) *Rhizobium leguminosarum, Rhizobium japonicum, Rhizobium phaseoli*

d) *Bacillus mucilaginosus* ssp. *Siliceus*

Rezolvare:

REZUMATUL TEMEI

Biodinamica substanțelor nutritive din sol şi starea de fertilitate.

14.1.Biodinamica azotului. Fixarea azotului atmosferic (N_2).

Bacteriile nesimbiotice:

Aerobe: *Azotobacter chroococcum*

Anaerobe: *Clostridium pasteurianum*

Bacteriile simbiotice: grupa *Rhizobium*

Procesele de amonificare, nitrificare, denitrificare din sol

14.2.Biodinamica fosforului

14.3.Biodinamica potasiului

14.4.Biopreparate pentru fertilizarea solului: Nitragin, Azotobacterin, Fosfobacterin, Silicobacterin

TEST RECAPITULATIV

	Partea coloială a solului capătă însuşiri de schimb datorită:	Structuri moleculare, electric neutre a silicaților	a
		Prezenței hidroxizilor de fier nedisociați	b
		Sarcinilor electrice şi înlocuirilor izomorfe	c
		Prezenței hidroxizilor de aluminiu nedisociați	d
	La ce conținuturi ale humusului, %, în stratul arabil este considerat solul cu fertilitate mijlocie?	0,6-1%	a
		1,1-2%	b
		2,1-4%	c
		6,1-8%	d
	Care este valoarea fertilității normale a unui sol după raportul C/N?	12-14	a
		15-22	b
		9-11	c
		23-25	d
	Rolul materiei organice în sol:	În primăverile reci împiedică germinarea semințelor	a
		Împiedică dezvoltarea sistemului radicular al plantelor pe solurile nisipoase	b
		Reglează regimul termic al solului datorită culorii închise	c
		Împiedică procesul de alterare chimică şi de eliberare a substanțelor nutritive	d
	Materia organică ca agent de chelatare fixează:	Apa din sol	a
		Mărește concentrația de CO_2 din sol	b
		Ionii metalici din sol formează compuşi complecşi	c
		Fomează compuşi cu structură peptidică	d
	Fertilitatea potențială a unui sol este dată de prezența formelor:	Forma solubilă	a
		Forma schimbabilă	b
		Forma potențial asimilabilă şi forma totală	c
		Forma solubilă şi schimbabilă	d

	Fertilitatea reală (actuală) a unui sol este dată de prezența formelor:	Solubilă	a
		Schimbabilă	b
		Potențial asimilabilă	c
		Totală	d
	Primăvara predomină în sol forma de azot:	Nitrică	a
		Amoniacală	b
		Amidică	c
		Redusă sub formă de nitriți	d
	Originea azotului în sol este:	În mineralele primare şi secundare din sol	a
		Secundară (materie organică)	b
		Primară (pe roca pe care s-a format)	c
		Minerală	d
	Originea fosforului în sol este:	Primară (pe roca pe care s-a format)	a
		Din resturi vegetale	b
		Din materia organică	c
		Din humus	d
	Originea potasiului în sol este:	Din precipitații	a
		Organică	b
		Atmosferică	c
		Primară (pe roca pe care s-a format)	d
	Capacitatea de reținere mecanică a solului se datorează:	Complexului adsorbtiv	a
		Sarcinilor electrice	b
		Înlocuirilor izomorfe	c
		Porozității solului, alcătuirii granulometrice	d
	În solurile nesaturate, în complexul adsorbtiv predomină ionii:	Cationi bivalenți	a
		Cationi de Ca, Mg	b
		Cationi de H, Al	c
		Cationi de K, Na	d
	În solurile saturate, în complexul adsorbtiv predomină ionii:	Cationi monovalenți	a
		Cationi bazici Ca, Mg, K, Na	b
		Ionii de H	c
		Ionii de Al	d
	Tăria de substituție şi legare în complex a cationilor creşte cu:	Valența elementului	a
		Concentrația în soluția solului	b
		Temperatura solului	c
		Solubilitatea	d
	Capacitatea de adsorbție la cationii cu aceeaşi valență depinde de:	Raza ionului	a
		Tăria de legare	b
		Masa atomică	c
		Locul poziției de schimb	d
	Capacității de reținere chimică a elementelor din sol îi este caracteristic fenomenul de:	Retrogradare	a
		Formare de compuşi solubili	b
		Formare de complecşi chelați	c
		Formare de compuşi chelați şi compuşi solubili	d
	Sub ce formă se găseşte în sol fosforul retrogradat:	$Ca(H_2PO_4)_2$	a
		$CaHPO_4$	b
		P_2O_5	c
		$Ca_3(PO_4)_2$, $FePO_4$, $AlPO_4$	d

	Plantele tolerante la aciditate, care preferă un pH al solului între 4 şi 6 sunt:	Sfecla de masă	a
		Cartof, arbuşti fructiferi	b
		Floarea soarelui	c
		Lucernă	d
	Plantele tolerante la alcalinitate, care preferă un pH al solului între 6 şi 8 sunt:	Porumb	a
		Floarea soarelui, muştar, sfeclă de zahăr	b
		Tutun	c
		Mazăre, fasole	d
	Plantele mijlociu tolerante la aciditate, care preferă un pH al solului între 5 şi 7 sunt:	Cartof, lupin galben	a
		Ovăz, orez	b
		Lucernă, rapiță	c
		Grâu, porumb, mazăre, fasole	d
	Suprafața de teren agricol cu soluri cu reacție acidă se însumează la cca.:	2 milioane ha	a
		5,7 milioane ha	b
		500 000 ha	c
		12 000 ha	d
	Efectele amendării asupra proprietăților fizice ale solului:	Îmbunătățește conținutul în elemente nutritive	a
		Îmbunătățește conținutul în materie organică	b
		Îmbunătățește textura solului	c
		Scade conținutul în ioni de hidrogen	d
	Efectele amendării asupra proprietăților chimice ale solului:	Efectul coagulant asupra coloizilor prin stabilitatea agregatelor	a
		Corectează compoziția ionică şi măreşte mobilitatea elementelor în sol	b
		Intensifică activitatea microorganismelor	c
		Intensifică procesul de nitrificare prin activitatea bacteriilor *Azotobacter chroococcum*	d
	Efectele amendării asupra proprietăților biologice ale solului:	Efect coagulant asupra coloizilor solului	a
		Intensifică activitatea microorganismelor	b
		Îmbunătățește textura solului	c
		Saturarea complexului adsorbtic cu ioni de calciu	d
	Cauzele sărăturării secundare a solurilor sunt:	Veri cu temperaturi ridicate	a
		Vânturi puternice ce intensifică evapotranspirația	b
		Irigații fără drenaj, apă de irigat încărcată cu săruri minerale	c
		Compoziția chimică a apelor freatice	d
	Procesele de reducere au loc cu:	Acceptare de electroni, creşterea sarcinii pozitive şi consum de energie	a
		Acceptare de electroni, scăderea sarcinii pozitive şi consum de energie	b
		Cedare de electroni, creşterea sarcinii pozitive şi eliberare de energie	c
		Acceptare de electroni, scăderea sarcinii pozitive şi eliberare de energie	d
	Procesele de reducere au loc preponderent în:	În plantă, prin formarea substanţelor de rezervă	a
		În sol, cu consum de materie organică	b
		În sol, cu acumulare de materie organică	c
		În faza lichidă a solului	d

	Procesele de oxido-reducere, care se petrec simultan, se măsoară prin:	Diferența de potențial ($E_h - E_0$) exprimată în mV	a
		Unități pH	b
		Unități pOH	c
		Unități pCa	d
	Puterea de oxido-reducere a solului se exprimă prin:	Indicele de pH	a
		Indicele rH_2	b
		Indicele pOH	c
		Indicele pCa	d
	La valori ale E_h de 200 mV în sol se petrec predominant:	Procese de reducere, se acumulează compuşi în concentraţie toxică pentru plante	a
		Procese de oxidare cu pierdere de materie organică	b
		Procese apropiate de aerobioză completă cu sărăcirea solului în elemente nutritive	c
		Procese apropiate de anaerobioză completă cu acumulare de materie organică	d
	La valori ale E_h de 700 mV în sol se petrec preponderant procese de:	Oxidare cu pierdere de elemente nutritive	a
		Oxidare cu acumulare de elemente nutritive	b
		Reducere cu acumulare de compuşi toxici	c
		Anaerobioză cu acumulare de materie organică	d
	Fixarea azotului atmosferic în plantă se face de către bacteriile nesimbiotice:	*Rhizobium phaseoli*	a
		Rhizobium leguminosarum	b
		Azotobacter chroococum, Clostridium pasteurianum	c
		Rhizobium trifolii	d
	Fixarea azotului atmosferic în plantă se face de către bacteriile simbiotice:	*Azotobacter chroococum*	a
		Sporovibrio ferrooxidans	b
		Din genul *Rhizobium*	c
		Clostridium pasteurianum	d
	Biopreparatul Azotobacterin conține bacterii aparținând genului:	*Azotobacter chroococum*	a
		Bacillus megatherium var. *phosphaticum*	b
		Clostridium pasteurianum	c
		Bacillus mucilaginosus ssp. *Siliceus*	d

ÎNGRĂŞĂMINTELE CA MIJLOC DE SPORIRE A FERTILITĂȚII SOLULUI ŞI PRODUCȚIEI AGRICOLE

Tema nr. 15

Definiția şi clasificarea îngrăşămintelor. Îngrăşăminte chimice cu azot.

Unități de învațare:

- Definiția şi clasificarea îngrăşămintelor.
- Producția şi consumul de îngrăşăminte în lume şi în țara noastră.
- Proprietățile fizice şi chimice ce condiționează calitatea îngrăşămintelor.
- Îngrăşămintele chimice cu azot.

Obiectivele temei:

- Înțelegerea conceptului de îngrăşământ, elaborarea unei definiții şi clasificarea îngrăşămintelor ținând cont de un criteriu intermediar între clasificarea chimică şi cea a gradului de accesibilitate.

- Prezentarea unor date statistice privind necesarul şi consumul de îngrăşăminte corelat cu producția acestora la nivel de țară şi în lume.

- Stabilirea principalelor însuşiri ale unui îngrăşământ ideal, definirea noțiunii de substanță activă dintr-un îngrăşământ. Metodele de aplicare a îngrăşămintelor.

- Prezența azotului în natură, sol şi ponderea acestuia în plantă. Prezentarea sortimentului şi a factorilor care condiționează aplicarea îngrăşămintelor cu azot.

Timpul alocat temei: 3 ore

Bibliografie recomandată:

1. Davidescu D.,Velicica Davidescu, 1981. *Agrochimia modernă*. Ed. Academiei RSR Bucureşti.
2. Madjar Roxana, Velicica Davidescu. *Principii de menținere a fertilității solului.* Ed. INVEL – Multimedia, 2008.
3. Madjar Roxana, 2008. *Agrochimie* – Planta şi solul. Ed. INVEL Multimedia, Bucureşti.
4. Madjar Roxana, Velicica Davidescu, 2009. *Agrochimie.* USAMVB, Facultatea de Horticultură, Învățământ la distanță, Bucureşti

5. Rusu Mihai, Marilena Mărghitaş, Ioan Oroian, Tania Mihăescu, Adelina Dumitraş, *Tratat de Agrochimie,* Ed. Ceres, Bucureşti, 2005.

15.1. Definiția şi clasificarea îngrăşămintelor

Întrucât noțiunea de îngrăşăminte este uneori confundată cu cea de ioni nutritivi (din sol sau din plantă) trebuie să precizăm că îngrăşămintele, în sens agrochimic, sunt *substanțele minerale sau organice simple sau compuse, naturale sau obținute pe cale de sinteză, care se aplică sub formă solidă sau lichidă, în sol, la suprafața lui sau pe plantă, pentru completarea necesarului de ioni nutritivi şi pentru îmbunătățirea condițiilor de creştere şi dezvoltare a plantelor agricole, a facilitării descompunerii resturilor organice, a intensificării activității microbiologice şi a ridicării stării generale de fertilitate a solului, în scopul sporirii producției vegetale din punct de vedere cantitativ şi calitativ şi cu o perturbare minimă sau deloc a mediului ecologic.*

Îngrăşămintele se pot clasifica din mai multe puncte de vedere: chimic, fizic, tehnologic, agrochimic, grad de accesibilitate pentru plante, mod de utilizare etc. Vom folosi în continuare un criteriu intermediar între clasificarea chimică şi cea a gradului de accesibilitate.

Îngrăşămintele chimice[3] se obțin în urma prelucrării[4] prin procedee fizice sau chimice a unor produse de natură anorganică.

În raport cu elementele nutritive[5] pe care le conțin ca element de bază, acestea se împart în şase grupe principale:

1). ***Îngrăşămintele cu azot***, se deosebesc după forma lor *fizică* în: solide şi lichide; după forma *chimică* sub care se găseşte azotul (amoniacală, nitrică, amidică), dar şi după gradul lui de *accesibilitate* pentru plante.

[3] Numite deseori şi îngrăşăminte minerale.
[4] Există şi unele zăcăminte naturale ale unor forme de îngrăşăminte chimice.
[5] Conținutul se exprimă în "substanță activă", forma brută comercială neidentificându-se cu partea care are efect de fertilizare.

Îngrăşămintele lichide cu azot sunt reprezentate de soluții simple, soluții cu tensiune de vapori scăzută sau ridicată, soluții suprasaturate şi suspensii.

Majoritatea sărurilor folosite ca îngrăşăminte cu azot sunt uşor solubile în apă. Sunt şi unele produse organice de condensare ce conțin azot şi care au o solubilitate redusă.

2). ***Îngrăşăminte cu fosfor***. Din această grupă fac parte diferite săruri ale acizilor fosforici şi polifosforici.

În raport cu solubilitatea lor în diferiți solvenți şi respectiv a gradului de accesibilitate pentru plante, îngrăşămintele cu fosfor se pot grupa astfel:

Săruri *insolubile în apă*, dar parțial solubile în acizi şi accesibile plantelor numai în anumite condiții de sol (făina de oase, făina de fosforiți), cea mai mare parte servesc ca materii prime pentru obținerea altor îngrăşăminte.

Săruri *solubile în solvenți convenționali*[6] şi uşor accesibile în anumite condiții de sol (precipitatul, zgura lui Thomas, termofosfații), se folosesc pentru un grup mai restrâns de plante.

Săruri *solubile în apă* şi uşor accesibile pentru majoritatea plantelor (superfosfatul şi superfosfatul concentrat, metafosfatul de calciu, acidul fosforic).

3). ***Îngrăşămintele cu potasiu*** cuprind diferite săruri cu potasiu, în special ale unor acizi tari (HCl, H_2SO_4) sau ale unor acizi slabi (H_2CO_3,H_4SiO_4, H_2SiO_3, $H_4Al_2Si_2O_9$).

În raport cu solubilitatea lor şi respectiv accesibilitatea pentru plante se disting:

- îngrăşăminte potasice *uşor* solubile în apă şi uşor accesibile pentru plante;

- îngrăşăminte potasice *greu* solubile în apă.

4). ***Îngrăşăminte cu macroelemente de ordin secundar***[7] , care conțin magneziu, sulf.

5). ***Îngrăşăminte cu microelemente***, care conțin elementele ce se găsesc în plante < 0,01 % raportat la substanța uscată. Acestea provin de obicei ca reziduuri de la diferite industrii, iar uneori ca produse chimice fabricate pentru cerințele agriculturii.

6). ***Îngrăşăminte complexe şi mixte*** conțin două sau mai multe elemente cu rol în nutriția plantelor; îngrăşămintele complexe se obțin prin reacții chimice, iar cele mixte, prin amestec.

---

[6] Citrat de amoniu, acizi tari diluați.

[7] Secundare în sensul că au o frecvență mai mică de utilizare decât cele cu azot, fosfor sau potasiu, şi nu din punctul de vedere al rolului lor fiziologic.

În cadrul acestei grupe se pot distinge:

- îngrăşăminte complexe şi mixte cu două elemente, de tipul NP, NK, PK, MgN, MgP, MgK etc.;

- îngrăşăminte complexe şi mixte cu trei elemente, de tipul NPK, sau cu mai multe elemente;

- diferite produse reziduale de natură minerală sau organică, cu compoziție chimică complexă şi care sunt folosite sub formă de pulberi sau făinuri.

Îngrăşămintele organice naturale rezultă din diferite produse reziduale naturale, de origine organică, printr-o anumită pregătire sau prelucrare făcută direct în gospodărie sau în unități cu caracter industrial. Din această grupă fac parte: gunoiul de grajd, urina, mustul de gunoi, compostul, dejecții umane, gunoiul de păsări, apele uzate, dar şi turba, precum şi îngrăşămintele verzi obținte prin culturi speciale

15.2. Producția şi consumul de îngrăşăminte în lume şi în țara noastră

După studiile făcute de economistul american Haedy pe un interval de 20 de ani rezultă că factorii tehnologici au contribuit la realizarea producției astfel: 45% îngrăşămintele, 10-15% sămânța selecționată, 6% irigațiile.

Din studiile FAO privind corelația dintre consumul de îngrăşăminte şi producția agricolă la hectar reiese că: indicele valorii producției creşte odată cu cantitatea de îngrăşăminte folosite. Producția agricolă exprimată valoric este mare pentru țări ca Belgia Olanda, Japonia cu consum peste 400-500 kg s.a./ha, în timp ce țări ca Thailanda, India, Siria, Indonezia cu consum scăzut de îngrăşăminte la hectar, dar au şi indexul valoric al producției scăzut.

Pe plan mondial se estimează creşteri ale consumului de îngrăşăminte de la 165 milioane tone în 2009-2010, la 175 milioane tone în 2015 şi 199 milioane tone în 2030 (FAO, 2005). Cea mai mare parte din producția mondială de îngrăşăminte va fi utilizată în Asia Orientală şi Asia de Sud, care împreună vor utiliza aproape jumătate din producția estimată a fi necesară până în 2030. Pentru creşterea productivității pe solurile cu fertilitate scăzută vor fi necesare învestiții considerabile în îngrăşăminte. Obiectivele principale vizează dezvoltarea şi adoptarea sistemelor productive, durabile şi cât mai puțin poluante.

În țara noastră, în perioada 1928-1933, consumul mediu de îngrăşăminte la hectar, raportat la suprafața țării, era de 0,217 kg îngrăşământ brut, iar în 1938 de 0,820 kg îngrăşământ brut.

După 1955, producția de îngrăşăminte chimice s-a dezvoltat foarte mult, astfel că în medie pe hectarul de teren arabil s-a folosit în 1989/1990 o cantitate de peste 120 kg substanță activă ($N + P_2O_5 + K_2O$), ceea ce revine la aproximativ 200-230 kg îngrăşământ brut /ha.

După anul 1990, producția şi consumul de îngrăşăminte în țara noastră cunoaşte un declin datorat perioadei de tranziție şi dificultăților economice, consumul de îngrăşământ scăzând dramatic, în medie la ha arabil, la 48 kg N, P, K în 1994, 47 kg N, P, K în 1995, 43 kg N, P, K în 1996, 40 kg N, P, K în 1997, 38 kg N, P, K în 1998 şi 33 kg N, P, K în anul 1999, 38,7 kg N, P, K în 2007, an în care producția totală de îngrăşăminte chimice (N, P, K s.a) s-a ridicat la 387 mii tone, din care în sistemul de agricultură majoritar privat s-au utilizat 379 mii de tone.

La noi în țară un studiu de sinteză care se referă la aportul diferiților factori în sporirea producției agricole arată că dacă se ia egal cu 100 sporul de recoltă el se datoreşte: 38% îngrăşămintelor, 34,5% lucrărilor solului, 12,5% semințelor selecționate şi 15% rotației culturilor.

Omenirea are suficiente resurse să hrănească întreaga populație actuală şi chiar mai mare dar nenorocirea milioanelor de flămânzi este că ei se aşează la masă după ce bogații au consumat jumătate din producția alimentelor globului, iar animalele lor consumă o treime din totalul cerealelor (aproximativ cât ar mânca într-un an 1,3 miliarde locuitori).

15.3. Proprietățile fizice şi chimice ce condiționează calitatea îngrăşămintelor

Un îngrăşământ ideal trebuie să aibă următoarele însuşiri:

- conținut ridicat macroelemente de ordin principal (N, P, K);
- conținut ridicat al sumei elementelor nutritive de ordin secundar (Ca + Mg + S);
- conținut în microelemente scăzut;

- îngrăşămintele chimice solide să fie nehigroscopice, granulate, cu solubilitate ridicată când se introduc în sol; cele lichide să se mențină lichide la concentrație ridicată şi la schimbarea temperaturii (să nu cristalizeze);

- să fie aibă coeficient de utilizare ridicat de către plante în cursul perioadei de vegetație (coeficient de utilizare ridicat);

- să nu se fixeze în sol în forme neaccesibile pentru plante;

- să nu se piardă prin levigare;

- să aibă o reacție alcalină în sol acid şi acidă în sol alcalin (bazic);

- să fie uşor de fabricat;

- să se păstreze şi să se răspândească uşor;

- să aibă un preț scăzut.

Este greu să poată fi îndeplinite toate aceste condiții de acelaşi produs.

Pentru a putea compara produsele folosite ca îngrăşăminte din punct de vedere al conținutului în elemente nutritive, precum şi pentru a putea stabili dozele care se dau la unitatea de suprafața, se obişnuieşte să se exprime unitățile substanței fertilizante (active) în *oxizi*, P_2O_5, K_2O, MgO etc. sau în *elemente* N, P, K, Mg etc., raportate la 100 unități îngrăşământ brut.

În literatura de specialitate se găsesc ambele moduri de exprimare. Mai corectă, din punct de vedere ştiințific, este exprimarea *în elemente*, N pentru azot, P pentru fosfor, K pentru potasiu etc., deoarece că plantele nu absorb nutrienții din sol sub formă de oxizi (ci sub formă de ioni), iar unii oxizi (P_2O_5, K_2O) nici nu există in sol.

Când se exprimă într-o formă şi este necesar să se facă transformarea pentru a se exprima în cealaltă formă, se folosesc următorii factori de transformare (tabelul 17).

Tabelul 17

Factorii de trasformare

Pentru transformare			
Înmulțește cu ↓	din ⟶ în	în ⟵ din	Înmulțește cu ↓
0,8224	N	NH_3	1,2159
2,219	P_2O_5	P	0,437
1,205	K_2O	K	0,83
1,658	MgO	Mg	0,63
1,399	CaO	Ca	0,715
0,2258	N	NO_3	4,4266
6,25	N proteic	N	0,160

15.4. Îngrăşămintele chimice cu azot

Prezența în natură. În atmosferă azotul în stare gazoasă se găseşte în proporție de 78 % exprimat în volume. Deasupra fiecărui hectar se află în atmosferă circa 70000-78000 tone azot molecular (N≡N), formă sub care nu poate fi luat de plantele superioare.

*In solul arabil,*cantitatea de azot total variază în medie pe adâncimea de la 0 la 20 cm între 0,1 şi 0,4 % (2,5-10 t/ha), iar în orizonturile mai adânci scade, astfel că la adâncimea de 2-3 m aproape că lipseşte. Azotul nu provine ca alte elemente nutritive din roca pe care s-a format solul, prezența acestuia în sol se datoreşte activității biologice, Peste 95 % din azotul stratului arabil este de natură organică. Pe adâncimea de l m - în raport cu tipul de sol - cantitatea de azot este de 9 - 30 t/ha.

In plantă, conținutul în azot variază în medie- raportat la substanță uscată- între 0,2 şi 4,5 %, fiind mai ridicat în semințe şi în fânul de plante leguminoase.

15.4.1.Clasificarea îngrăşămintelor cu azot

Îngrăşămintele cu azot folosite în agricultură sunt săruri ale unor acizi tari (H_2SO_4, HCl), cu amoniu, sau ale acidului azotic cu diferiți cationi (NH_4^+, K^+, Ca^{2+}), precum şi ale unor acizi slabi (H_2CO_3, HCN), cu amoniu sau radicalul amidic -NH_2. Clasificarea lor se poate face după criterii pur chimice sau după criterii agrochimice. În acest ultim caz, clasificarea ține seama şi de gradul de accesibilitate a formelor de azot din sărurile respective.

15.4.2.Sortimentul îngrăşămintelor cu azot

Îngrăşămintele cu azot cele mai utilizate în agricultură, modul de obținere şi principalele lor însuşiri fizico-chimice sunt sintetizate în tabelul 18.

În cadrul eforturilor pentru economisirea energiei se încadrează apariția sortimentului de ***îngrăşăminte lichide cu azot***. Economia provine atât la fabricarea lor cât şi la reducerea energiei necesare pentru transport, răspândire şi încorporare în sol.

Majoritatea îngrăşămintelor cu azot sunt uşor solubile în apă, ceea ce necesită aplicarea în mai multe etape pentru a împiedica pierderile prin levigare. Pentru a evita munca suplimentară legată de răspândire şi pierderile prin spălare mai ales la culturile irigate, se produc noi tipuri de îngrăşăminte cu azot, la care se adaugă şi noi forme de condiționare - ***îngrăşăminte cu azot greu solubile***

Compuşi ureoformaldehidici rezultă din tratarea ureei cu diferite aldehide în mediu acid. Compuşii conțin între 28 şi 39 % N total şi au o viteză mică de nitrificare şi o eliberare lentă (6-7 luni).

Principalii reprezentați sunt:

Ureoformaldehida (Ureoform) cu 38 % N.

Ureoacetaldehida (Crotonyliden-diuree) cu 30 % N.

Izobutiliden-ureea (I.B.D.U.) cu 32 % N.

În prezent aceste produse se utilizează mai ales în horticultură, în sere.

Tendințe noi în forma de condiționare a îngrăşămintelor cu azot. Pentru realizarea de îngrăşăminte cu azot cu solubilitate desfăşurată pe întreaga perioada de vegetație se mai folosesc şi alte procedee şi anume:

- *îmbrăcarea granulelor în pelicule organice* (biodegradabile);

- adăugarea în granule de produse cu *acțiune de inhibare a nitrificării*;

- *impregnarea* unor materiale plastice expandate din clasa poliuretanilor cu îngrăşăminte cu adaosuri de *inhibitori ai nitrificării şi schimbători de ioni.*

Tabelul 18

Sortimentul îngrăşămintelor chimice cu azot

Denumirea îngrăşământului	Formula chimică (produs principal)	Obţinere	Conţinutul în substanţă activă %	Stare fizică, aspect, culoare	Solubilitatea în 100 părţi apă (O°C)	Dacă este higroscopic	Greutatea unui m^3 în kg	Volumul, unei tone în m^3	Mod de păstrare	Observaţii
Îngrăşăminte cu azot amoniacal										
Amoniac anhidru	NH_3	Din azot molecular şi hidrogen la presiune şi temperaturi ridicate	82,25 N	Gaz incolor cu miros înţepător. Se lichefiază uşor.	11570 (în volume) 89,9 (în greutate)	_	0,771	1,6 (lichefiat)	În cisterne la presiune (15-30 at) (lichid)	Se poate introduce direct în sol cu apa de udare
Sulfat de amoniu	$(NH_4)_2SO_4$	Amoniac şi acid sulfuric	21 N 24 S	Cristale, mici, albe, uneori cenuşii	70,6	Nu	715-800	1,1-1,2	În saci impermeabili	Restictiv pentru solurile cu reacţie acidă. Nu trebuie să conţină rodanat de amoniu (rezidual)
Îngrăşăminte cu azot nitric										
Azotat de sodiu	$NaNO_3$	Din acid azotic sau oxizi de azot şi carbonat sau hidroxid de sodiu	16 N	Cristale albe, uneori cenuşii	75	Nu când este în stare curată	1100-1300	1,2-1,3	În saci impermeabili	Se găseşte şi în stare naturală în Chile, America de Sud
Azotat de calciu	$Ca(NO_3)_2$	Din acid azotic sau oxizi de azot şi hidroxid de calciu	11,8-15,3 N	Cristale albe	102	Foarte higroscopic	2200	1,5	În saci bine închişi	Excelent pentru plantele decorative şi de seră
Îngrăşăminte cu azot nitric şi amoniacal										
Azotat de amoniu	NH_4NO_3	Din acid azotic şi amoniac	33-34,5 N	Cristalizat sau granulat, culoare albă sau uşor gălbuie ori roz	118	Foarte higroscopic	810	1,2	În saci impermeabili	Cu restricţii pe solurile cu reacţie acidă. Pericol de explozie unde se depozitează necorespunzătoor
Nitrocalc-amoniu (nitrocalcar)	$2NH_4NO_3$. $CaCO_3$	Din azotat de amoniu în stare topită şi carbonat de calciu pulbere	17,5-20,5 N	Granule de formă neregulată de culoare albă	65	Higroscopic	1200	0,8-0,9	În saci impermeabili	Se utilizează pe soluri cu reacţie acidă
Îngrăşăminte cu azot sub formă amidică										
Ureea	$CO(NH_2)_2$	Din amoniac şi bioxid de carbon la presiune şi temperatură	46,6 N	Cristale sau granule de culoare albă sau uşor roz	109	Higroscopic	1300	0,6	În saci impermeabili	Nu trebuie să conţină biuret mai mult de 1,5-2 %
Îngrăşăminte lichide cu azot										
Apă amoniacală	NH_3 +NH_4OH +H_2O	Apă + amoniac	16,23 N	Lichid incolor	14 kg amoniac lichid pentru o soluţie cu 20 % azot	_	900	0,99	În cisterne	
Amoniacaţi	NH_3+NH_4OH +NO_3+NH_2+H_2O	Amoniac +azotat de amoniu +uree + sulfat de amoniu	32-48 N	Lichid incolor	_	_	1000-1180	0,85-1,00	În cisterne	

15.4.3.Factorii care condiționează aplicarea îngrăşămintelor cu azot

Azotul este luat din sol în cea mai mare parte sub formă de ioni de NH_4^+ sau NO_3^- şi în mai mică măsură sub formă de NH_2 sau NO_2^-, forme ce provin din materia organică din sol sau sunt rezultatul unor procese de biosinteză. Din punct de vedere fiziologic, formele nitrică, amoniacală şi amidică sunt egale.

Factorii care condiționează utilizarea de către plante a unei forme sau a alteia în cursul vegetației sunt următorii:

- *planta*: specia şi vârsta plantei, aprovizionarea plantei cu hidrați de carbon, în raport cu intensificarea fotosintezei;
- *solul*: pH-ul solului, anionii şi cationii însoțitori din soluția solului, concentrația soluției solului, capacitatea de reținere a solului şi capacitatea de tamponare a acestuia;
- *felul îngrăşământului*;

Particularitățile plantelor. Forma amoniacală este mai apropiată de produşii cu azot care se formează în plantă, decât forma nitrică. Asimilarea azotului amoniacal se face mai bine dacă planta are concomitent condiții de aprovizionare cu hidrați de carbon.

Ionul nitric (NO_3^-) se ia cu uşurință de plantă din soluția solului, însă necesită după pătrunderea în plantă o energie suplimentară pentru a suferi un proces de reducere în nitriți şi apoi în amoniu, după care intră în reacție cu acizii organici rezultați în procesul de metabolism.

În cursul nutriției cu azot amoniacal, în plantă se intensifică ritmul acumulării hidraților de carbon, iar în timpul nutriției cu azot nitric se acumulează mai mulți acizi organici.

În cursul vegetației, folosirea cu precădere de către plante a formei amoniacale sau a celei nitrice se schimbă în raport cu caracterul de specie şi metabolismul general al plantei. Sunt specii care manifestă preferință pentru nutriția cu azot amoniacal cum sunt: catoful, inul, meiul, orezul, iar altele pentru nutriția cu azot nitric: castraveții, dovleceii, hrişca, pepenii, sfecla de zahăr.

Vârsta plantelor este unul din factorii care influențează intensitatea nutriției diferențiate a formelor de azot. Unele plante, ca de exemplu tomatele, ovăzul, porumbul, la începutul vegetației folosesc mai bine azotul amoniacal, iar în a doua jumătate a perioadei de vegetație, azotul nitric.

Condițiile de sol au înfluență asupra asimilării formei nitrice sau amoniacale.

În sol, în permanență formele solubile de azot se află într-o continuă dinamică de trecere dintr-o formă în alta; pH-ul solului spre neutru sau uşor bazic favorizează o mai bună absorbție a îngrăşămintelor amoniacale, în timp ce pH-ul uşor acid, favorizează asimilarea formele nitrice.

De asemenea, prezența în soluția solului a diferiților anioni (Cl^-, HPO_4^{2-}, SO_4^{2-}) sau cationi (Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^+, Na^+) influențează absorbția formelor de azot de către plante a. Anioni şi cationi, după influența lor asupra pătrunderii amoniului, se situează astfel:

$$Cl^- > SO_4^{2-} > HPO_4^{2-}$$

$$Ca^{2+} > Mg^{2+} > K^+ > Na^+$$

De aici rezultă că prezența în soluția solului a cationilor de Ca^{2+} şi Mg^{2+}, concomitent cu a anionilor de Cl^- şi SO_4^{2-} stânjeneşte pătrunderea NO_3^- şi favorizează în schimb pătrunderea NH_4^+. În schimb, prezența cationilor de Na^+ şi K^+ împreună cu anionul HPO_4^{2-} intensifică absorbția azotului nitric (NO_3^-) şi stânjenesc pătrunderea azotului amonical (NH_4^+).

Concentrația soluției nutritive, care este în strânsă legătură şi cu dozele de îngrăşăminte folosite, arată că o concentrație mai slabă duce la o mai bună asimilare a azotului amoniacal, iar o concentrație mai mare, a azotului nitric. Pentru stabilirea unui echilibru nutritiv, azotul amoniacal nu trebuie să fie în concentrație mai mare de 1/4 față de azotul nitric.

TEST DE EVALUARE

1.Care este originea azotului în sol ?

Răspuns:

Originea azotului în sol este secundară, prezența acestuia în sol se datoreşte activității biologice, el nu provine ca alte elemente nutritive din roca pe care s-a format solul. Peste 95 % din azotul stratului arabil este de natură organică.

2. Care sunt sortimentele de îngrăşăminte cu azot de perspectivă pentru evitarea poluării mediului?

Răspuns:

Exerciții.

Exemplu rezolvat:

1. Cele mai solubile şi uşor levigabile îngrăşăminte sunt:

a) îngrăşămintele cu K

b) îngrăşămintele cu P

c) îngrăşămintele cu N

d) îngrăşămintele cu S

Rezolvare: c

De rezolvat:

2. Îngrăşământul expus pericolului de explozie este:

a) sulfatul de amoniu

b) azotaul de potasiu

c) nitrocalcarul

d) azotatul de amoniu

Rezolvare:

REZUMATUL TEMEI

Definiția şi clasificarea îngrăşămintelor. Îngrăşăminte chimice cu azot.

15.1. Definiția şi clasificarea îngrăşămintelor

Îngrăşămintele chimice se obțin în urma prelucrării prin procedee fizice sau chimice a unor produse de natură anorganică.

Cu macroelemente de ordin primare (N, P, K)*, de ordin secundar* (Mg, S)

Cu microelemente (Fe, B, Mn, Zn, Cu, Co, Mo)

Complexe şi mixte cu două elemente, de tipul NP, NK, PK, MgN, MgP, MgK etc.;

Îngrăşămintele organice naturale (gunoiul de grajd, urina, mustul de gunoi, compostul, fecalele, gunoiul de păsări, apele uzate)

15.2. Producția şi consumul de îngrăşăminte în lume şi în țara noastră

15.3. Proprietățile fizice şi chimice ce condiționează calitatea îngrăşămintelor

15.4. Îngrăşămintele chimice cu azot. Clasificare. Sortiment. Factorii care condiționeză aplicarea îngrăşămintelor cu azot.

Tema nr. 16

Îngrăşăminte chimice cu fosfor

Unităţi de învaţare:

- Clasificarea îngrăşămintelor cu fosfor.
- Sortimentul îngrăşămintelor chimice cu fosfor.
- Factorii care condiţionează aplicarea îngrăşămintelor cu fosfor.

Obiectivele temei:

- Prezenţa fosforului în natură, sol şi ponderea acestuia în plantă. Prezentarea sortimentului şi a factorilor care condiţionează aplicarea îngrăşămintelor cu fosfor.

Timpul alocat temei: 2 ore

Bibliografie recomandată:

1. Davidescu D.,Velicica Davidescu, 1981. *Agrochimia modernă*. Ed. Academiei RSR Bucureşti.
2. Madjar Roxana, Velicica Davidescu. *Principii de menţinere a fertilităţii solului.* Ed. INVEL – Multimedia, 2008.
3. Madjar Roxana, 2008. *Agrochimie* – Planta şi solul. Ed. INVEL Multimedia, Bucureşti.
4. Madjar Roxana, Velicica Davidescu, 2009. *Agrochimie.* USAMVB, Facultatea de Horticultură, Învăţământ la distanţă, Bucureşti
5. Rusu Mihai, Marilena Mărghitaş, Ioan Oroian, Tania Mihăescu, Adelina Dumitraş, *Tratat de Agrochimie,* Ed. Ceres, Bucureşti, 2005.

In sol, fosforul provine din roca-mamă pe care acesta s-a format. În orizontul arabil, cantitatea de fosfor total variază cu tipul de sol între 0,03 % (podzol) şi 0,24 % P_2O_5 (cernoziom), iar în orizonturile mai adânci între 0,02 şi 0,16 % P_2O_5. Pe adâncimea de 1m rezerva de fosfor total din sol reprezintă 3 - 25 t/ha. Fosforul din stratul arabil este alcătuit în proporţie de 50 - 70 % din compuşi minerali şi 30 - 50 % din compuşi organici. Soluţia solului în medie conţine 0,5 - 1 mg de fosfor solubil (P) pe 1 litru de soluţie, cantitate extrem de mică dacă nu am lua în considerare că din rezerva generală a solului, prin procese fizico-chimice şi activitate

microbiologică, pe măsură ce fosforul este consumat de către plante, trec în soluția solului noi cantități de fosfor accesibil.

În plantă, conținutul în fosfor variază în medie în diferite organe între 0,2 % în tulpini şi frunze şi 0,8 -1,5 % P_2O_5 în semințe (leguminoase, papaveracee).

16.1.Clasificarea îngrăşămintelor cu fosfor

În agricultură se folosesc ca îngrăşăminte săruri neutre, acide sau bazice ale acizilor fosforici, metafosforici şi polifisforici.

Clasificarea lor se poate face din mai multe puncte de vedere şi anume: chimic, tehnologic şi agrochimic. Vom folosi clasificarea agrochimică care ține seama şi de gradul de accesibilitate al fosforului de către plante (tabelul 19).

16.2.Sortimentul îngrăşămintelor chimice cu fosfor

Cele mai utilizate îngrăşăminte chimice cu fosfor, modul de obținere şi principalele lor caracteristici fizico-chimice sunt prezentate în tabelul 19:

Tabelul 19

Sortimentul îngrăşămintelor chimice cu fosfor

Denumirea îngrăşământului	Formula chimică (produs principal)	Obţinere	Conţinutul în substanţă activă % P_2O_5	Stare fizică, aspect, culoare	Solubilitatea în 100 părţi apă (O°C)	Dacă este higroscopic	Greutatea unui m^3 în kg	Volumul, unei tone în m^3	Mod de păstrare	Observaţii
Îngrăşăminte cu fosfor greu solubile în apă										
Fosfaţi naturali (făină de fosforite)	$Ca_3(PO_4)_2$ + $+2Ca_5(PO_4)_3$+ argilă + nisip	Se extrage din zăcăminte naturale, se macină	8-24	Pulbere de culoare cenuşie sau roşiatică	Foarte puţin solubilă în apă	Nu	1100-1200	0,83-0,90	În vrac	Se foloseşte pe soluri cu reacţie acidă ca îngrăşământ de bază
Făină de oase	$Ca_3(PO_4)_2$	Prin măcinarea oaselor, după ce s-a extras grăsimea şi cleiul	15-34	Pulbere albă-murdar, aspră la pipăit, în care se disting bucăţi mici colţuroase de oase	Foarte puţin solubilă	Nu	890	1,120	În vrac	Idem
Îngrăşăminte cu fosfor solubile în solvenţi convenţionali (acizi slabi)										
Precipitat	$CaHPO_4.2H_2O$	Prin descompunerea fosfaţilor naturali cu acid azotic	27-40	Pulbere albă friabilă	Puţin solubilă	Nu	1700	0,600	În vrac sau saci	Se utilizează şi ca adaos în hrana tineretului bovin Se foloseşte la fabricarea îngrăşămintelor complexe
Zgura de defos-forare a fontei (zgura lui Thomas)	$Ca_4P_2O_9$ + $P_2O_5.SiO_2.5CaO$	Produs secundar de la industria metalurgică	12-24	Pulbere fină cenuşiu-negricioasă	Puţin solubilă	Nu	700	1,400	În vrac	Pe terenuri cu reacţie acidă
Termofosfaţi	$2(Na_2O.P_2O_5.$ $2CaO)SiO_2.2CaO$	Încălzirea unui amestec de fosfaţi naturali + SiO_2 + Na_2CO_3	26-29	Pulbere cenuşie	Puţin solubilă	Nu	1100-1200	0,80-0,90	În vrac sau saci	Idem
Fosfaţi neutri sau activaţi	$Ca_3(PO_4)_2$ + $+CaHPO_4.2H_2O$ + $+Ca(H_2PO_4)_2$ + $+Ca_5(PO_4)_3$	Tratarea fosfaţilor naturali cu cantităţi reduse de H_2SO_4	15-24	Pulbere cenuşie	30-40 % din total solubil în apă	Nu	1100-1200	0,80-0,90	În vrac	Idem
Îngrăşăminte cu fosfor uşor solubile în apă										
Superfosfat simplu	$Ca(H_2PO_4)_2$ + + $CaSO_4$	Tratarea fosfaţilor naturali cu acid sulfuric	16-22	Pulverulent sau granulat	Solubil în apă; ghipsul nu se solubilizează	Nu	1020-1080	0,93-0,98	În vrac sau saci	Se foloseşte pe toate tipurile de sol şi la toate plantele
Superfosfat concentrat	$Ca(H_2PO_4)_2$	Tratarea fosfaţilor naturali cu acid fosforic	38-54	Granule de 1-3 mm de culoare albă	Solubil în apă	Nu	1000-1100	0,88-1,12	În vrac sau saci	Idem
Polifosfaţi Metafosfat de calciu	$(Ca(PO_3)_2)_n$	Calcinarea la 1000°C a rocii fosfatice împreună cu P_2O_5	60-71	Masă sticloasă sau pulbere fină	Solubil în apă	Nu	1000-1100	0,90-1,10	În saci	Se foloseşte la fabricarea îngrăşămintelor complexe

16.3.Factorii care condiționează aplicarea îngrăşămintelor cu fosfor

Fosforul este luat de plante din sol sub forma ionului $H_2PO_4^-$, mai slab şi sub formă de ion HPO_4^{2-} şi foarte puțin sub formă de PO_4^{3-}.

Factorii care influențează eficiența îngrăşămintelor cu fosfor şi condiționează aplicarea acestora sunt:

- *planta*: specia, vârsta, capacitatea plantei de a asimila calciul din sol şi de a secreta o serie de acizi şi enzime în rizosferă cu rol în disponibilizarea fosforului;
- *solul*: pH-ul, gradul de saturație cu baze, capacitatea totală de schimb cationic, anionii şi cationii însoțitori din soluția solului;
- *felul îngrăşământului*: gradul său de mărunțire, modul de încorporare şi forma chimică.

Particularitățile plantelor. În general, cele din familia leguminoaselor folosesc mai bine fosforul din sol chiar şi din formele mai greu solubile, comparativ cu plantele din familia gramineelor. În raport cu sistemul radicular, plantele cu sistem radicular pivotant asimilează mai bine fosforul din sol, pe când cele cu sistem radicular fasciculat şi răspândit în stratul de la suprafața solului asimilează mai greu fosforul din sol şi mai bine fosforul aplicat sub formă de îngrăşământ.

Particularitățile de folosire a fosforului variază cu specia. Astfel asimilează mai uşor fosforul din formele greu solubile sau fosforul din sol: hreanul, hrişca, lupinul, muştarul, mazărea, ridichea, trifoiul alb. Un alt grup de plante asimilează mai greu fosforul din sol, în schimb îl iau cu usurință din formele solubile şi din îngrăşăminte: cartof, grâu, in, orz, ovăz, porumb, trifoi roşu, varză, tomate.

Însuşirea de a folosi fosforul din compuşi greu solubili creşte odată cu capacitatea plantei de a asimila calciul, fără să existe un raport direct proporțional, precum şi cu particularitățile de a emite în rizosferă diferiți acizi organici şi enzime care contribuie la solubilizarea compuşilor fosforului din sol.

În raport cu vârsta plantelor, capacitatea de a lua fosforul din forme greu solubile este mai scăzut la plantele tinere şi creşte în general odată cu înaintarea plantelor în vârstă.

Din totalul fosforului introdus în sol ca îngrăşământ, plantele, în raport cu specia şi condiţiile de sol, utilizează 15-40%, în medie 25 %, restul fixându-se în forme insolubile şi mai greu accesibile plantelor.

Condiţiile de sol şi eficienţa îngrăşămintelor cu fosfor. Condiţiile de sol influenţează eficienţa îngrăşămintelor cu fosfor prin diferitele procese de reţinere care au loc în sol, dar şi prin faptul că fosforul din îngrăşăminte introdus în sol aproape că nu se deplasează, el rămâne în stratul unde a fost încorporat cu o difuzie medie de ± 5 cm. Din această cauză, pentru a aproviziona plantele cu forme accesibile de fosfor este necesar ca îngrăşământul să fie introdus în *diferite straturi*, adică atât sub brazdă odată cu arătura adâncă cât şi sub cultivator sau disc, sau pe rânduri odată cu sămânţa. Aplicarea îngrăşămintelor fosfatice la suprafaţa solului are efect mic, întrucât nedeplasându-se aprovizionează plantele numai pe o perioadă scurtă de timp.

În utilizarea îngrăşămintelor cu fosfor, aciditatea sau bazicitatea soluţiei solului au un rol deosebit.

Pe solurile *acide* se utilizează mai bine formele greu solubile.

Pe solurile *saturate cu baze*, ca şi pe cele neutre, dar cu un conţinut ridicat de $CaCO_3$ sau $Ca(HCO_3)_2$ prin reacţii de schimb poate avea loc o legare chimică a ionului fosforic în forme mai greu accesibile pentru plante. Prin reacţii de schimb rezultă *fosfatul secundar* de calciu şi *fosfatul terţiar* de calciu, cu o solubilitate în apă mai mică decât fosfatul primar de calciu şi sunt ca atare şi mai greu asimilabile de către plante.

Coeficientul de folosire a îngrăşămintelor fosfatice introduse în sol mai depinde şi de capacitatea totală de schimb cationic (T) a solului şi de gradul de saturare cu baze (V%). În solurile cu o capacitate de schimb mică şi cu un grad de saturaţie sub 50-60 % se folosesc mai bine fosfaţii greu solubili. Pe solurile cu capacitatea de schimb cationic mare şi un grad de saturaţie cu baze mai mare de 75-80 % sunt condiţii pentru o utilizare mai bună a îngrăşămintelor cu fosfor sub forme uşor solubile.

De asemenea, prezenţa în soluţia solului a altor substanţe nutritive influenţează coeficientul de folosire a îngrăşămintelor cu fosfor ca efect a interacţiunilor chimice ce se produc în sol cât şi a unor procese biochimice care au loc în plante. Îngrăşămintele cu azot (azotat de

amoniu, sulfat de amoniu etc.) *măresc solubilitatea* fosfaților şi îi fac mai accesibili plantelor. Îngrăşămintele cu potasiu măresc gradul de asimilare a îngrăşămintelor fosfatice greu solubile.

Conținutul ridicat în humus al solurilor, precum şi aplicarea gunoiului de grajd, duc la o mai bună asimilare a îngrăşămintelor fosfatice.

În evaluarea eficienței îngrăşămintelor cu fosfor trebuie să se țină cont şi de faptul că în sol au loc şi *reținеri fizico-chimice* ale ionului fosfatic la suprafața coloizilor solului (argila) şi a hidroxizilor de fier şi aluminiu. Ioni de fosfor mai pot fi reținuți în sol şi de alți compuşi ca humanții de fier, silicații de fier şi aluminiu.

Ca urmare a proceselor de reținere chimică şi fizico-chimică în sol *nu se pot acumula* compuşi ai fosforului *uşor solubili* în apă. Tendința generală este de trecere a compuşilor uşor solubili în compuşi mai greu solubili (fosfați terțiari) sau în forme stabile (hidroxilapatita etc.).

Totuşi şi în cazul când nu se folosesc îngrăşăminte fosfatice, plantele au posibilitatea să se aprovizioneze într-o măsură oarecare cu fosfor ca urmare a unui echilibru dinamic ce se stabileşte între diferitele forme sub care este reținut fosforul în sol, dar care nu corespunde întotdeauna cerințelor biologice ale plantelor.

Interacțiunea P/N. Există o interacțiune între fosfor şi azot atât în sol cât şi în plantă. Aceasta se datoreşte unor interacțiuni chimice şi fiziologice care influențează accesibilitatea fosforului şi capacitatea de asimilare a plantelor.

Interacțiunea P/Zn. S-a constatat că excesul de îngrăşăminte cu fosfor provoacă carențe induse de zinc, element care intră în componența unor ezime (carbohidaza, carbopeptidaza) cu rol în procesul de fotosinteză.

TEST DE EVALUARE

1.Care este efectul îngrăşămintelor cu fosfor aplicate la suprafața solului ?

Răspuns:

Aplicarea îngrăşămintelor fosfatice la suprafața solului are efect mic, întrucât fosforul din îngrăşăminte introdus în sol aproape că nu se deplasează, el rămâne în stratul unde a fost încorporat cu o difuzie medie de ± 5 cm, nedeplasându-se aprovizionează plantele numai pe o perioadă scurtă de timp.

2. Care este originea fosforului în sol ?

Răspuns:

Exerciții.

Exemplu rezolvat:

1. Îngrăşământul cu P uşor solubil în apă este:

a) superfosfatul

b) precipitatul

c) termofosfații

d) zgura lui Thomas

Rezolvare: a

De rezolvat:

2. Îngrăşământul expus fenomenului de retrogradare este:

a) superfosfatul

b) clorura de potasiu

c) nitrocalcarul

d) azotatul de amoniu

Rezolvare:

REZUMATUL TEMEI

Îngrăşămintele chimice cu fosfor.

16.1.Clasificare.

16.2.Sortiment.

16.3.Factorii care condiționează aplicarea îngrăşămintelor cu fosfor.

Tema nr. 17

Îngrăşăminte chimice cu potasiu.

Îngrăşăminte chimice cu macroelemente de ordin secundar (Mg, S).

Unităţi de învaţare:

- Îngrăşăminte chimice cu potasiu
- Îngrăşăminte chimice cu macroelemente de ordin secundar (Mg, S)

Obiectivele temei:

- Prezența potasiului în natură, sol şi ponderea acestuia în plantă. Prezentarea sortimentului şi a factorilor care condiționează aplicarea îngrăşămintelor cu potasiu.

- Prezența elementelor de ordin secundar (magneziu, sulf) în natură, sol şi ponderea acestora în plantă. Prezentarea sortimentului şi a factorilor care condiționează aplicarea îngrăşămintelor cu magneziu şi sulf.

Timpul alocat temei: 3 ore

Bibliografie recomandată:

1. Davidescu D.,Velicica Davidescu, 1981. *Agrochimia modernă*. Ed. Academiei RSR Bucureşti.
2. Madjar Roxana, Velicica Davidescu. *Principii de menținere a fertilității solului.* Ed. INVEL – Multimedia, 2008.
3. Madjar Roxana, 2008. *Agrochimie* – Planta şi solul. Ed. INVEL Multimedia, Bucureşti.
4. Madjar Roxana, Velicica Davidescu, 2009. *Agrochimie.* USAMVB, Facultatea de Horticultură, Învățământ la distanță, Bucureşti
5. Rusu Mihai, Marilena Mărghitaş, Ioan Oroian, Tania Mihăescu, Adelina Dumitraş, *Tratat de Agrochimie,* Ed. Ceres, Bucureşti, 2005.

17.1.Îngrăşămintele chimice cu potasiu

În sol, potasiul provine din rocile pe care s-a format solul, mai bogate fiind solurile ce au la bază roci magmatice (eruptive). Conținutul în potasiu total al scoarței terestre este în medie de 2,6 % K_2O, iar solurile din țara noastră au în orizontul arabil un conținut mediu de potasiu total de 1,5-2,5 % K_2O. Solurile argiloase au un conținut mai ridicat în potasiu decât cele lutoase sau

cele nisipoase, care au conținutul cel mai scăzut. În cea mai mare parte, potasiul se află în sol sub formă de *silicați complecşi sau minerale argiloase* în care potasiul este strâns legat în rețeaua cristalină.

Cu tot conținutul solului ridicat în potasiu total, totuşi de multe ori plantele duc lipsa acestui element, întrucât numai 1-2 % din acest potasiu trece în forme uşor asimilabile de către plante. Peste 90 % din potasiul total aflat în stratul arabil se află compuşi minerali şi mai puțin de 10 % provine din compuşi organici.

În plantă, conținutul în potasiu variaza cu specia, vârsta şi părțile sau organele acesteia. Cea mai mare cantitate în potasiu se găseşte în organele tinere, în frunze şi apoi în fructe. În paie, conținutul cel mai ridicat în potasiu se găseşte la plantele oleaginoase (0,5-1,80 %), iar paiele de cereale au între 0,75 şi 1 % K_2O. În semințe, conținutul cel mai ridicat se află în leguminoase (0,80-1,7 % K_2O), la cereale fiind între 0,5-0,6 % K_2O.

17.1.1.Clasificarea îngrăşămintelor cu potasiu

Ca îngrăşăminte cu potasiu se folosesc săruri neutre sau acide, în care cationul K^+ este legat de un anion: Cl^-, NO_3^-, SO_4^{2-}, HCO_3^-, CO_3^{2-}, $H_2PO_4^-$, PO_4^{3-}, SiO_4^{2-}.

Clasificarea îngrăşămintelor cu potasiu se poate face din punct de vedere chimic, tehnologic şi agrochimic.

17.1.2.Zăcăminte naturale de săruri cu potasiu

Materiile prime folosite pentru producerea îngrăşămintelor chimice cu potasiu sunt zăcămintele naturale de diferite săruri potasice şi în special de cloruri şi sulfați. Aceste zăcăminte s-au format acum circa 200 milioane de ani din apa mării, din care s-a depus treptat în ordinea solubilității în nişte lagune mari, diverse săruri în care predomină clorurile (de Na, K, Mg) şi sulfații (de K, Mg, Ca, Na).

Cele mai mari zăcăminte se găsesc în Canada 36 %, în Rusia 48 %, în Germania 12 %, şi în Italia (Sicilia) etc. Zăcămintele cunoscute cuprind aproape 50 miliarde tone K_2O.

În țara noastră, a fost pus în evidență în anul 1958, în județul Neamț (Tazlău, Gârcina, Schitu Frumoasa, Bălțăteşti) un zăcământ de săruri de potasiu estimat la peste 300 milioane tone de potasiu (K_2O), în care predomină sulfatul de potasiu.

17.1.3.Sortimentul îngrăşămintelor chimice cu potasiu

Îngrăşămintele cu potasiu utilizate în agricultură, modul de obținere şi principalele caracteristici fizico-chimice sunt sintetizate în tabelul 20.

Tabelul 20

Sortimentul îngrăşămintelor chimice cu potasiu

Denumirea îngrăşămân-tului	Formula chimică (produs principal)	Obţinere	Conţinutul în substanţă activă % K_2O	Stare fizică, aspect, culoare	Solubilitate a în 100 părţi apă (O°C)	Dacă este higroscopic	Greutatea unui m^3 în kg	Volumul, unei tone în m^3	Mod de păstrare	Observaţii
Săruri potasice brute										
Silvinit	KCl.NaCl	Extragere din zăcământ prin lucrări de minerit	12-24	Sare albă, alb murdar cu cristale de culoare roz	34	Da	1100	0,900	În saci sau în vrac la loc uscat	Se găseşte în zăcăminte le de la Gălean, jud. Neamţ
Carnalit	$KCl.MgCl_2.6H2O$	Idem	8-17	Sare de culoare alb lăptoasă sau galben roşiatică	30	Da	1100	0,900	Idem	Se găseşte în zăcămintele de la Gălean, jud. Neamţ
Cainit	$KCl.MgSO_4.3H_2O$	Idem	12-18	Sare de culoare albă-cenuşie cu cristale galbene sau roz	30-35	Da	1400	0,800	Idem	Se găseşte în zăcămintele de la Tazlău, jud. Neamţ
Polihalit	K_2SO_4 $MgSO_4$ $CaSO_4$	Idem	14-15	Idem	10	Puţin	1300	0,800	Idem	Idem
Săruri potasice prelucrate										
Clorură de potasiu	KCl	Prin prelucrarea silvinitului pe principiul solubilităţii diferite a KCl şi a NaCl în raport cu temperatura	60-63	Cristale mici albe	32-34	Puţin	870-940	1,07	Idem	Utilizat direct ca îngrăşământ sau la fabricarea îngrăşă-mintelor complexe
Sare potasică	KCl+săruri naturale brute măcinate	Prin amestecul KCl cu săruri naturale brute măcinate	20-40 50	Sare de culoare alb murdar cu cristale mici de culoare roz	30-35	Da	940-1180	0,85-1,060	Idem sau în saci	Îngrăşământ potasic cel mai mult folosit
Sulfat de potasiu	K_2SO_4	Pin prelucrarea sărurilor naturale pe cale termică sau schimb de ioni	48-54	Cristale mici albe sau albe-gălbui	48-54	Nu	1300	0,770	În vrac	Recomandat la culturile din sere şi cele ce nu suportă clor (solanacee, viţă de vie, plante decorative)

17.1.4.Factorii care condiționează aplicarea îngrăşămintelor cu potasiu

Din sol, potasiu este luat de plante sub formă de ioni (K^+). În această formă provine din potasiu reținut de complexul coloidal prin adsorbție, precum şi din sărurile din sol solubile în apă.

Factorii care condiționează eficiența îngrăşămintelor cu potasiu sunt planta, condițiile de sol, prezența diferiților anioni şi cationi în soluția solului şi felul îngrăşământului.

Particularitățile plantelor. Capacitatea plantelor de a lua potasiu din sol sau din îngrăşăminte diferă de la o specie la alta. Astfel, *meiul, hrişca, trifoiul, lucerna* au capacitate mai mare de a lua potasiu din diferiți compuşi greu solubili din sol, decât alte plante. Unele plante de cultură *sunt mari consumatoare de potasiu,* cum sunt floarea-soarelui, cartoful, sfecla, varza, tomatele, hrişca, porumbul, ricinul, cânepa, tutunul, salata, păstârnacul, vița de vie, pomii. Concentrația mai mare a soluției solului, favorizează asimilarea mai bună a potasiului de către plantele cu o capacitate mai scăzută de a lua acest cation din sol. Capacitatea de asimilare a potasiului din sol din forme greu solubile creşte odată cu vârsta.

Condițiile de sol şi eficiența îngrăşămintelor cu potasiu.

Pe solurile saturate cu baze au loc reacții de schimb la aplicarea îngrăşămintelor cu potasiu, calciul rezultat în urma schimbului formează clorură de calciu, o sare uşor solubilă.

$$\mathbf{Ca = [CA] = Ca + 2KCl \rightarrow K\text{-}[CA]\text{–}K + Ca\,Cl_2}$$

Potasiul *se reține* în complexul adsorbtiv, iar solul poate suferi treptat o *decalcifiere*, întrucât clorura de calciu este uşor solubilă şi se îndepărtează cu apele de infiltrare.

Pe solurile *nesaturate* (acide) la aplicarea de îngrăşăminte cu potasiu au loc următoarele reacții de schimb:

$$\mathbf{H\text{-}[CA]\text{-}H + 2KCl \rightarrow K\text{-}[CA]\text{–}K + 2HCl}$$

Se produce o *acidifiere* şi mai puternică a soluției solului, care poate duce la apariția unor *compuşi toxici* (oxiclorura de aluminiu) ce influențează nefavorabil asupra culturilor sensibile la reacția acidă: in, trifoi, porumb etc. Dacă nu se ține seama de acest lucru, se poate ca aplicarea îngrăşămintelor complexe NPK să dea rezultate mai slabe decât NP.

Reținerea potasiului în complexul adsorbtiv permite ca încorporarea în sol a îngrăşămintelor potasice să se poată face cu 3 - 6 luni înaintea însămânțării.

Există şi o *reţinere chimică* a potasiului sau o reţinere fără schimb, datorită îmbătrânirii coloizilor din sol, care duce la modificarea reţelei cristaline şi la reţinerea potasiului în compuşi greu solubili, sau între lamelele minerale secundare (argile).

Coeficiecietul de folosire a potasiului de către plante mai este influenţat de prezenţa în soluţia solului a altor substanţe nutritive. Aprovizionarea plantelor cu *azot nitric* îmbunătăţeşte asimilarea potasiului. Cantităţile mari de *azot amoniacal* stânjenesc asimilarea potasiului. *Excesul de fier* inhibă asimilarea potasiului şi accentuează simptomele carenţei în acest element. Efectul nociv al *excesului de calciu* se micşorează în condiţiile unei bune aprovizionări cu potasiu. Excesul de potasiu accentuează carenţa în magneziu. Pe solurile unde s-a aplicat gunoiul de grajd, eficienţa îngrăşămintelor chimice cu potasiu este mai mică, fiindcă plantele folosesc şi potasiul din gunoiul de grajd.

17.2. Îngrăşămintele chimice cu elemente de ordin secundar (magneziu, sulf)

17.2.1.Îngrăşăminte cu magneziu. *În sol*, magneziul provine din rocile pe care s-a format solul şi se află în medie în cantitate de 0,05 % Mg pe soluri nisipoase şi 0,5 % Mg pe soluri argiloase. Pe cernoziomuri conţinutul în magneziu este mai mare decât în podzoluri. Formele de magneziu asimilabile de către plante sunt date de magneziul adsorbit în complexul coloidal (schimbabil) şi magneziu solubil. Dacă magneziul reprezintă mai mult de 10 % din suma bazelor schimbabile se consideră că solul este bine aprovizionat cu acest cation. De obicei, Mg schimbabil este cuprins între 4 şi 20 % din suma bazelor schimbabile.

Ca îngrăşăminte cu magneziu se folosesc:

Dolomitul $CaCO_3 \cdot MgCO_3$, este o rocă sedimentară, un carbonat dublu de calciu şi magneziu în amestec cu diferite cantităţi de argilă, nisip, carbonat de fier etc. Conţine 8-13% magneziu. Înainte de utilizare se usucă şi se macină. În ţara noastră se găsesc calcare dolomitice în judeţele Hunedoara şi Suceava.

Sulfatul de magneziu $MgSO_4 \cdot 7H_2O$, este o sare albă, cristalizată, solubilă în apă, conţine 9,9% Mg.

Condiţiile aplicării îngrăşămintelor cu magneziu

Plantele *tinere* au o capacitate mai scăzută de a absorbi magneziul din sol. La început plantele folosesc magneziul din seminţe. Simptomele carenţei în magneziu apar la 10 (graminee) – 50 (leguminoase) de zile de la răsărire.

Cantităţile mari de K^+, Na^+, NH_4^+, Ca^{2+} în soluţia solului conduc la o mai slabă absorbţie a magneziului. Dintre plantele de cultură cu o mare *sensibilitate* la insuficienţa magneziului în soluţia solului sunt: ceapa, cânepa, porumbul, ridichea, sorgul, sfecla de nutreţ, trifoiul, tomatele, pomii fructiferi.

17.2.2.Îngrăşăminte cu sulf. *În atmosferă* sulful se găseşte sub formă de SO_2. Prin precipitaţii anual un hectar poate primi între 10 şi 120 kg sulf.

În sol sulful se găseşte sub formă minerală (sulfuri, sulfaţi, tiosulfaţi etc.) şi organică. În stratul arabil conţinutul mediu de sulf total este cuprins între 0,005 şi 0,05 % S, ceea ce reprezintă 180 - 2400 kg S /ha.

În plantă sulful este absorbit sub formă de ion sulfat (SO_4^{2-}) şi se găseşte în cantităţi de 0,02 - 1,8 % din substanţa uscată. Se află mai mult în seminţe şi frunze şi mai puţin în tulpini şi rădăcini. Există plante, precum cele din familiile *Cruciferae* (varza), *Leguminoase* (fân de lucernă) şi *Solanacee* (tutun) care au conţinutul în sulf mai mare decât cel de fosfor.

Ca îngrăşăminte cu sulf se folosesc:

Sulful elementar, care se găseşte în natură ca zăcământ ce conţin 50 - 99% S. La noi în ţară, se află zăcăminte estimate la peste 3 milioane tone în Munţii Căliman, la Gura Haitii (jud.Suceava). Sulful elementar mai poate fi recuperat din gazele naturale.

Sulful inoculat este un amestec de sulf elementar cu compost organic ce conţine microorganismele specifice care oxidează sulful.

Gipsul $CaSO_4.2H_2O$ se găseşte în natură cristalizat sau amorf, conţine 15-18,6 % S, înainte de folosire se macină şi se păstrează în încăperi uscate.

Condiţiile aplicării îngrăşămintelor cu sulf

Cele mai mari consumatoare de sulf şi cele mai sensibile la carența acestui element din mediul nutritiv sunt plantele din familiile *Umbelliferae* (țelină, pătrunjel, leuştean, chimen, mărar, păstârnac) şi *Cruciferae* (varza, muştar, ridiche, mixandra, micşunele).

Cerințe mari în sulf au şi arahidele, ceapa, floarea soarelui, inul, lucerna, muştarul, rapița, sfecla, țelina, trifoiul, usturoiul.

Asimilarea anionului SO_4^{2-} este influențată favorabil de prezența unor cationi, după cum urmează:

$$\mathbf{K^+ > NH_4^+ > Na^+ > Mg^{2+} > Ca^{2+}}$$

Sulful se aplică ca îngrăşământ în sol sau prin stropire extraradiculară în soluții de 0,5 - 1 % sub formă de sulfați solubili. Folosirea gunoiului de grajd poate să asigure necesarul de sulf, având în vedere că o tonă de gunoi conține aproximativ 2 kg sulf.

TEST DE EVALUARE

1.Care este originea sulfului în sol ?

Răspuns:

În sol sulful se găseşte sub formă minerală (sulfuri, sulfați, tiosulfați etc.) şi organică.

2. Care este originea potasiului în sol ?

Răspuns:

Exerciții.

Exemplu rezolvat:

1. Plantele absorb cu precădere forma de potasiu:

a) sub formă de carbonați

b) elementară, K

c) ionică, K^+

d) sub formă de oxid, K_2O

Rezolvare: c

De rezolvat:

2. Plantele asimilează cu precădere sulful sub formă de:

a) H_2S (hidrogen sulfurat)

b) SO_4^{2-} (sulfați)

c) SO_3 (trioxid de sulf)

d) SO_3^{2-} (sulfiți)

Rezolvare:

REZUMATUL TEMEI

17.1. Îngrăşămintele chimice cu potasiu. Clasificare. Zăcăminte naturale. Sortiment. Factorii care condiționează aplicarea îngrăşămintelor cu potasiu.

17.2.Îngrăşămintele chimice cu elemente de ordin secundar (sulf, magneziu). Condițiile aplicării îngrăşămintelor.

Tema nr. 18

Îngrăşăminte chimice cu microelemente

Unităţi de învaţare:

- Îngrăşăminte chimice cu fier.
- Grupa microelementelor- B, Mn, Zn, Cu, Co, Mo.

Obiectivele temei:

- Prezența microelementelor în sol şi ponderea acestora în plantă. Prezentarea sortimentului şi a factorilor care condiționează aplicarea îngrăşămintelor cu microelemente.

Timpul alocat temei: 2 ore

Bibliografie recomandată:

1. Davidescu D.,Velicica Davidescu, 1981. *Agrochimia modernă*. Ed. Academiei RSR Bucureşti.
2. Madjar Roxana, Velicica Davidescu. *Principii de menținere a fertilității solului.* Ed. INVEL – Multimedia, 2008.
3. Madjar Roxana, 2008. *Agrochimie* – Planta şi solul. Ed. INVEL Multimedia, Bucureşti.
4. Madjar Roxana, Velicica Davidescu, 2009. *Agrochimie.* USAMVB, Facultatea de Horticultură, Învățământ la distanță, Bucureşti
5. Rusu Mihai, Marilena Mărghitaş, Ioan Oroian, Tania Mihăescu, Adelina Dumitraş, *Tratat de Agrochimie,* Ed. Ceres, Bucureşti, 2005.

18.1.Îngrăşăminte cu fier

Fierul este considerat elementul care *face trecerea* între macroelemente şi microelemente.

În sol, fierul total se găseşte în cantități destul de mari, de până la 4-5 %. El se află sub formă minerală (mica neagră), hematită (Fe_2O_3), magnetita (Fe_3O_4), siderit ($FeCO_3$), cât şi organică. Conținutul solului în Fe solubil este extrem de mic comparativ cu conținutul total. Este mai ridicat în solurile cu pH acid şi mai scăzut în cele cu pH bazic.

În plantă conținutul mediu de fier este de 0,007 - 0,02% Fe_2O_3 în semințe, şi de 0,007 - 0,06% Fe în paie, raportat la substanța uscată.

Ca îngrăşăminte cu fier se utilizează:

Sulfatul de fier $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ este o sare cristalizată, de culoare verde-deschis, conține 20,1% Fe. În contact cu aerul pierde apa de cristalizare, iar fierul bivalent trece în forme trivalente.

Chelații cu fier sunt săruri organo-minerale de culoare galben-maronie. Se pot aplica sub formă pulverulentă sau în soluție pentru combaterea carențelor cu fier, conțin în medie 8-12 % fier. Cel mai cunoscut este sarea de sodiu a acidului etilendiaminotetra-acetic (NaFe - EDTA) ce poartă denumirea comercială de *Versena* şi Fe - EDDHA denumit *Sequestrene*. Când se aplică sub formă de soluții se folosesc concentrații de 5-10 ppm Fe. Ca pulbere se aplică 10 - 20 g Fe la un pom.

Fosfatul feros de amoniu $Fe(NH_4)PO_4 \cdot H_2O$, conține 29 % Fe.

Condițiile aplicării îngrăşămintelor cu fier

Necesitatea aplicării îngrăşămintelor cu fier se manifestă mai ales la arbuştii fructiferi, pomi, viță de vie şi la plantele ce nu suportă exces de calciu (cartof, in, țelină, afine, azalee, rhododendron).

Carența este mai accentuată pe *solurile cu reacție bazică*, bogate în calciu. Manganul în cantitate prea mare în soluția solului poate accentua carența în fier. Potasiul ajută la o mai bună asimilare a fierului.

18.2. Grupa microelementelor – B, Mn, Zn, Cu, Co, Mo.

În afară de elementele dominante din materia vie vegetală (C, H, O, N, P, K, Ca, Mg, S, Na, Si) care reprezintă peste 99 % din totalul elementelor organismelor vegetale vii, un important grup de elemente nutritive, care au *aceeaşi valoare biologică*, se găsesc în plantă în *cantități mai mici de 0,01 %* (raportat la substanță uscată) şi constituie grupa microelementelor.

Acestea au o acțiune *specifică*, *directă*, iar insuficiența lor în mediu de nutriție împiedică îndeplinirea ciclului vital al plantei. Din această categorie fac parte: molibdenul (Mo), borul (B), cuprul (Cu), zincul (Zn), manganul (Mn), cobalt (Co).

Majoritatea microelementelor intră în alcătuirea unor enzime sau activează unele enzime. De asemenea, au un rol în stabilitatea substanțelor coloidale din plasma celulară. În tabelul 21 sunt prezentate principalele îngrăşăminte cu microelemente, dar şi conținutul acestora în plantă şi sol.

Tabelul 21

Îngrăşăminte cu microelemente

Borul, B Planta îl absoarbe sub formă de : Anion acid boric BO_3^{-3} Anion tetraboric $B_4O_7^{--2}$	**În plantă** conţinutul variază: 5 - 654 ppm, prezent în organele de reproducere **Cerinţe mari** :sfecla de zahăr, fl.soarelui, ţelină, conopidă, măr	**În sol** B total 21 - 68 ppm B solubil. 0,1 - 0,45 ppm carenţa apare pe solurile : argiloase sub 0,4 - 0,5 ppm nisipoase sub 0,2 - 0,3 ppm Exces - toxicitate apare la 2 - 5 ppm B solubil Bine aprovizionate solurile de stepă şi silvostepă	**Îngrăşăminte** **Acid boric** H_3BO_3 17,3% B, aplicare: foliar 0,02-0,3%, seminţe 0,01 - 0,05% în sol 8-17 kg/ha sfeclă, 8-25 kg/ha floarea soarelui **Borax** $B_4O_7Na_2$ 11% B, aplicare:oliar 0,1 - 0,5%, în sol 13 -25 kg/ha sfeclă, 13 - 40 kg/ha floarea soarelui **Superfosfat îmbogăţit cu B,** conţine 1,5 - 3 kg/tonă, se aplică toamna **Foliar cu B,** 0,1-0,2 g/l la legume
Manganul, Mn asimilat de plantă sub formă de Mn^{2+}	**În plantă** variază între 10 - 1000 ppm Frunzele tinere, lăstarii şi seminţele au un conţinut ridicat **Cerinţe mari** au: fasolea, mazărea, spanacul, căpşunii, cireşul şi mărul.	**În sol** conţinutul variază între : Mn total 194 - 3215 ppm Mn activ 9 - 260 ppm Carenţa apare sub 1 ppm Mn activ Toxicitatea apare pe soluri acide la peste 4 ppm Mn activ Bine aprovizionate sunt solurile brune şi cernoziomurile levigate	**Îngrăşăminte** **$MnSO_4$** 24% Mn sare albă solubilă, aplicare ca îngr.bază 20 - 50 kg/h, 100 - 200 g (pom), stropiri 0,3 -1% **MnO_2** 63% pulbere verzuie 5-10-kg/ha toamna **Superfosfat îmbogăţit cu Mn** 1,5 - 3 kg/t **Zgura de feromangan** pulbere neagră 9-21% Mn toamna 300-400 kg/ha **Nămoluri cu Mn** 12-22%, se apică toamna 200 - 300 kg/ha
Zinc, Zn Planta asimilează forma de Zn^{2+}	**În plantă** conţ.variază: 8 -13 ppm Zn tomate 54 - 80 ppm Zn măr Se acumulează în frunze, boabe, nodurile la cereale. **Cerinţe** mari au porumbul, sfecla, mazărea soia.	**În sol** : mobilitatea lui depinde de pH Conţinutul Zn total 34 -97 ppm Zn solubil 2 -7 ppm Soluri bogate în Zn cele de pădure şi silvostepă Pe solurile fertilizate cu fosfor are loc blocarea Zn, apare carenţa în Zn	**Îngrăşăminte** **$ZnSO_4.H_2O$** 22,8% Zn, 30 - 40 kg/ha la 4 -6 ani, 2 -3 g/pom, foliar 0,2%, seminţe 0,01 - 0,02%. **ZnO** **Superfosfat cu Zn** 0,8- 1% kg/tonă **Zgura de pirite** **Nămoluri cu Zn** **Foliare**
Cupru Planta asimilează forma bivalentă de Cu^{2+}	**În plantă** conţinutul variază : 15 -25 ppm tomate 24 - 78 ppm vita de vie **Cerinţe** mari măr, păr, coacăz	**În sol** Cu total 4 -49 ppm Cu solubil 0,5 - 4,6 ppm Conţinut ridicat solurile de pădure şi turbării Pe solurile viticole excesul apare la peste 200 ppm	**Îngrăşăminte** **$CuSO_4$** 25% Cu, 10 -20 kg/ha la 3 -4 ani, foliar 0,5- 1% **Oxiclorura de Cu (**cupral 40 - 50% Cu), foliar conc.0,8-1% **Îngrăşământ foliar** 0,04-0,06 g/l sere **Chelaţi cu Cu** 13% Cu, aplicare prin stropiri foliare **Cenuşa de pirite** 0,3 -0,5%, se apliică toamna 50-100 kg/ha
Cobalt Planta asimilează forma bivalentă de Co^{2+}	**În plantă** conţinutul variază între 0,01 - 1 ppm la leguminoase	**În sol** Co total 1,5 - 10,9 ppm Co solubil 0,5 - 5 ppm Conţinut ridicat în solurile argiloase	**Îngrăşăminte** **$CoSO_4$** **$CoCO_3$** 1-2 kg/ha, se aplică toamna la 2 -3 ani **Superfosfat îmbogăţit** cu Co 0,01%
Molibden Planta asimilează anionul MoO_4^{2-}	**În plantă** conţinutul variază între 0,54- 4,48 ppm Mo **Cerinţe** mari la leguminoase şi crucifere	**În sol** Mn total 0,30 - 4,62 ppm Mn solubil 0,01 - 0,4 ppm Carenţa apare pe soluri acide la conţinut sub 0,1 ppm Mo	**Îngrăşăminte** **Molibdat de Na** 46% Mo, aplicare: 0,75 -1 kg/ha toamna, stropiri foliare conc.1%, tratare semnţe conc.0,05 - 0,1% **Molibdat de amoniu** 54% Mo, aplicare: 0,5-1,1 kg/ha **Superfosfat îmbogăţit cu Mo**, conţine 0,8 - 1 kg/t

TEST DE EVALUARE

1.Sub ce formă este asimilat manganul de către plantă ?

Răspuns:

Manganul este asimilat de plantă sub formă de Mn^{2+}.

2. Sub ce formă este asimilat molibdenul de către plantă?

Răspuns:

Exerciții.

Exemplu rezolvat:

1. Rolul fierului în metabolismul plantei:

a) Sinteza proteinelor

b) Sinteza ATP-ADP

c) Sinteza auxinelor

d) Sinteza lipidelor

Rezolvare: c

De rezolvat:

2. Rolul borului în metabolismul plantei:

a) Sinteza auxinelor

b) Dezvoltă pereții celulari

c) Sinteza proteinelor

d) Asimilarea fosforului în plantă

Rezolvare:

REZUMATUL TEMEI

18.1. Îngrăşămintele chimice cu fier. Sortiment. Factorii care condiționează aplicarea îngrăşămintelor cu fier.

18.2. Grupa microelementelor – B, Mn, Zn, Cu, Co, Mo. Condițiile aplicării îngrăşămintelor cu microelemente.

Tema nr. 19

Îngrăşămintele complexe şi mixte

Unităţi de învaţare:

- Îngrăşămintele complexe şi mixte cu două, trei şi mai multe elemente
- Îngrăşăminte complexe cu microelemente
- Îngrăşăminte complexe lichide
- Cenuşa
- Îngrăşăminte complexe din deşeuri organice
- Îngrăşăminte mixte cu substanţe pesticide
- Condiţii de utilizare

Obiectivele temei:

- Definirea şi clasificarea îngrăşămintelor complexe şi mixte, stabilirea diferenţelor dintre aceste doua categorii prin modul de obţinere, prezentarea sortimentului şi a condiţiilor de utilizare.

Timpul alocat temei: 2 ore

Bibliografie recomandată:

1. Davidescu D.,Velicica Davidescu, 1981. *Agrochimia modernă*. Ed. Academiei RSR Bucureşti.
2. Madjar Roxana, Velicica Davidescu. *Principii de menţinere a fertilităţii solului.* Ed. INVEL – Multimedia, 2008.
3. Madjar Roxana, 2008. *Agrochimie* – Planta şi solul. Ed. INVEL Multimedia, Bucureşti.
4. Madjar Roxana, Velicica Davidescu, 2009. *Agrochimie.* USAMVB, Facultatea de Horticultură, Învăţământ la distanţă, Bucureşti
5. Rusu Mihai, Marilena Mărghitaş, Ioan Oroian, Tania Mihăescu, Adelina Dumitraş, *Tratat de Agrochimie,* Ed. Ceres, Bucureşti, 2005.

19.1. Îngrăşămintele complexe şi mixte cu două, trei şi mai multe elemente

Agricultura intensivă necesită să se aplice atât îngrăşăminte cu azot cât şi cu fosfor, potasiu sau cu alte elemente. Industria chimică realizează produse ce conţin *două* elemente chimice nutritive (NP), *trei* (NPK) sau *mai multe*.

Când din amestecul materiilor prime rezultă compuşi chimici noi, produsul poartă numele de îngrăşământ *complex*. Când prin amestec nu rezultă compuşi chimici noi sau se formează numai parțial şi în cantități mici, produsul rezultat se numeşte îngrăşământ *mixt*.

Sortiment şi caracteristici agrochimice. Îngrăşămintele complexe şi mixte pot fi de mai multe tipuri, după elementele fertilizante care intră în alcătuirea lor, cu două elemente NP, NK, PK, cu trei elemente NPK (tabelul 23).

19.2.Îngrăşăminte complexe cu microelemente

Se fabrică, de asemenea, îngrăşăminte care pe lângă azot, fosfor şi potasiu conțin şi microelemente (bor, cupru, molibden, mangan, zinc): ***superfosfat cu zinc, nitrofoska cu zinc, nitrofoska cu bor.***

Fritt este denumirea unui îngrăşământ complex cu microelemente. Conține mai puțin de 1 % bor, cupru, mangan, molibden, zinc. Are o solubilitate mică, ceea ce face ca elementele nutritive să se elibereze treptat.

Spurofoska este un îngrăşământ complex de tip NPK + microelemente.

19.3.Îngrăşăminte complexe lichide

În soluție de acid fosforic sau amoniac anhidru se poate dizolva azotat de amoniu, uree şi clorura de potasiu.

Foliar spray (pulverizare pe frunze) cuprinde o gamă variată de îngrăşăminte folosite în horticultură, se fabrică la combinatul chimic de la Craiova, pentru legume NPK + microelemente (Cu, B, Zn, Mn, Mo) şi pentru vie NPK + microelemente (Mg, Fe, B, Zn).

La noi în țară se fabrică pentru culturi intensive îngrăşăminte **lichide complexe**, care în raport cu compoziția chimică sunt notate cu indicativele C (clare) sau F (foliare) (tabelul 22).

Tabelul 22

Îngrăşăminte lichide complexe fabricate în România

	F 011	**F 141**	**F 231**	**F 411**	**C 011**	**C 141**	**C 231**	**C 411**
Aspect	Soluție limpede	Soluție limpede	Soluție limpede	Limpede	Clară	Clară	Clară	Clară
Culoare	Verde	Brună	Brună	Verde	Incolor	Incolor	Incolor	Incolor
D (20°C) g/cm^3 minim	1,18	1,20	1,18	1,18	1,2-1,3	1,15-1,25	1,15-1,25	1,05-1,15
pH	Neutru	Neutru	Neutru	Neutru	7-7,5	6-6,5	2,5-3,5	7-7,5
g/l minim								
N	-	35	80	80	-	40	110	150
P_2O_5	130	200	130	130	120	160	30	40
K_2O	130	40	40	40	120	40	110	40
MgO	-	-	-	-	-	-	10	-
Fe	0,20-0,40	0,20-0,40	0,20-0,40	0,20-0,40	-	-	-	-
B	0,10-0,20	0,10-0,20	0,10-0,20	0,10-0,20	-	-	-	-
Cu	0,04-0,06	0,04-0,06	0,04-0,06	0,04-0,06	-	-	-	-
Mo	0,08-0,12	0,08-0,12	0,08-0,12	0,08-0,12	-	-	-	-
Zn	0,04-0,06	0,04-0,06	0,04-0,06	0,04-0,06	-	-	-	-
S	0,10-0,30	0,10-0,30	0,10-0,30	0,10-0,30	-	-	-	-
Obser-vații	Pentru aplicații foliare				Pentru culturi intensive			

19.4.Cenuşa

Cenuşa vegetală este un îngrăşământ complex, deoarece conține toate elementele nutritive care intră în alcătuirea plantelor, în afară de azot. Rezultă din combustia diferitelor substanțe organice vegetale. Compoziția cenuşii variază cu specia plantei, vârsta, organul şi condițiile de sol. Cenuşa are un conținut ridicat în potasiu (6-36% K_2O) şi fosfor (2-11% P_2O_5). Potasiul şi fosforul se află în forme uşor asimilabile pentru plante. Totodată, cenuşa conține numeroase microelemente, bor, cupru, mangan, zinc, molibden, ca şi alte elemente (calciu, magneziu, etc). Anual se poate strânge de la familiile care folosesc drept combustibil lemnele, o cantitate de 50-80 kg cenuşă brută, iar dacă se utilizează paie sau coceni, 250-400 kg cenuşă brută. Cenuşa se strânge cu grijă, lăsându-se să se răcească la aer, nu se stinge cu apă şi se păstrează la loc uscat, în vase metalice sau de lut, este higroscopică.

Cenuşa se poate folosi la toate plantele, înainte de însămânțare, în cantități de 600-800 kg/ha la cereale, 1000-1200 kg/ha la plantele tehnice, legume. Semințele, înainte de însămânțare,

se pot tăvăli prin cenuşă (10-15 kg/ha). Se poate folosi ca adaus la ghivecele nutritive, 5-10 kg la fiecare metru cub de amestec organic. Se mai poate da în soluții de 0,5-1,5 % la răsaduri, legume.

19.5.Îngrăşăminte complexe din deşeuri organice

Unele deşeuri de la industria uşoară sau alimenatră pot fi transformate în produse ce se pot utiliza ca materii prime care se folosesc la realizarea de îngăşăminte pentru flori.

Făina de sânge. Sângele de la abatoare se tratează cu 2-3 % CaO, se usucă şi se macină. Făina obținută conține 12-13% N, 0,5-2% P_2O_5 şi 0,7-1% K_2O.

Făina de coarne şi copite. După uscare se macină. Conține:10-14% N, 5-5,5% P_2O_5, 2% SO_3 şi 2-7% CaO.

Făina de carne, de piele sau de peşte se obține din deşeuri. Se fierb, se usucă, se macină. Conține 6,11 % N, 14-17% P_2O_5 şi 16-20% CaO.

Guano este un îngrăşământ natural care provine dintr-o acumulare îndelungată a dejecțiilor unor viețuitoare.

Guano de lilieci provine din acumularea în timp a excrementelor şi cadavrelor de lilieci în unele peşteri. La noi în țară este cunoscut un astfel de zăcământ la Cioclovina (peştera Pui) din județul Hunedoara şi la Mereşti din județul Harghita.

19.6.Îngrăşăminte mixte cu substanțe pesticide

Uneori epoca şi modul de aplicare a unor îngrăşăminte coincid cu cele recomandate pentru unele produse cu acțiune pesticidă. Aceasta a dus la fabricarea unor compuşi care să conțină atât îngrăşăminte cât şi erbicide, fungicide sau insecticide.

*Îngrăşăminte cu **erbicide*** sunt îngrăşăminte de tip NPK, cu adaos de erbicid. Se aplică de regulă primăvara odată cu lucrările de semănat.

*Îngrăşăminte cu **insecticide***. Pentru obținerea lor se folosesc ca adaos la îngrăşăminte de tip NPK diferite produse cu acțiune insecticidă.

*Îngrăşăminte cu **fungicide***. Sortimentul este restrâns la acțiunea asupra ciupercilor dăunătoare din sol.

Tabelul 23

Sortimentul principalelor îngrăşăminte complexe şi mixte

Denumirea îngrăsământului	Formula chimică (produs principal)	Obținere	Conținut			Stare fizică	Mod de păstrare	Observații
			N	P_2O_5	K_2O			
Fosfat de amoniu Diamonfosfat	$NH_4H_2PO_4$ $(NH_4)_2HPO_4$	Neutralizarea acidului fosforic cu amoniac	11 (12)	48 (61)	0 0	Granulat	În saci impermeabili, este uşor higroscopic	Se fabrică la combinatele de la Turnu Măgurele, Bacău, Târgu-Mureş
Amofos	$NH_4H_2PO_4+NH_4NO_3$ + $CO(NH_2)_2$	Prin amestecarea fosfaților de amoniu cu azotat de amoniu şi uree	23	23	0	Granulat	În saci	Idem
Nitrofosfați	$CaHPO_4+Ca(H_2PO_4)_2$ + $Ca(NO_3)_2$	Prin atacul fosfaților naturali cu acid azotic şi acid fosforic	20	10	0	Granulat	În saci	Idem
Polifosfați de amoniu	$(NH_4)_n+2P_nO_{3n+1}$	Din acid superfosforic şi NH_3 sau prin dehidratarea ortofosfatului de NH_4	13-18	56-66	0	Granulat sau lichid	În saci sau cisterne	Îngrășământ de perspectivă
Fosfat-uree	$CO(NH_2)_2.H_3PO_4$	Din uree şi acid fosforic	17	44	0	Granulat	În saci	Folosit în horticultură sere şi plante decorative
Azotat de K	KNO_3	$KCl+NH_4NO_3$ sau $KCl+HNO_3$	13	0	46	Cristale albe	În saci	
Fosfat de K	KH_2PO_4	Din carbonat de potasiu şi acid fosforic	0	52	35	Granulat	În saci	
Metafosfat de K	$(KPO_3)_n$	Prin tratamentul termic al rocilor fosfatice	0	60	39	Granulat	În saci	
Fosfat de amoniu şi potasiu	$NH_4H_2PO_4$ KH_2PO_4	$KCl+H_3PO_4+NH_3$	6	56	18	Granulat	În saci	
Nitrofoska	$NH_4NO_3+(NH_4)_2SO_4$ $+KNO_3+CaHPO_4+$ $+Ca(H_2PO_4)_2+K_2HPO_4+K_2SO_4+KCl$	Prin atacul fosfaților naturali cu acid azotic+ acid sulfuric+ KCl sau K_2SO_4 + uree + NH_3	13 15 13 13	26 15 13 40	13 15 21 13	Granule de culori diferite	În saci	Se fabrică la combinatele de la Turnu Măgurele, Arad, Târgu-Mureş

19.7. Condiţii de utilizare

Ingrăşămintele complexe şi mixte prezintă o serie de *avantaje*. Au însuşiri fizico-chimice mai bune, sunt granulate, au neutralizată aciditatea echivalentă, nu sunt higroscopice, au un coeficient de folosirea a elementelor nutritive mai ridicat. Au un conținut total mai mare în elemente nutritive, făcându-se astfel economie la transport, ambalaj, depozitare, încorporare în sol. Se asigură o răspândire mai uniformă în sol a elementelor nutritive. Se simplifică sistemul de fertilizare.

Intre *inconvenientele* ce se atribuie acestor îngrăşăminte, în primul rând reținem raportul fix în care se găsesc elementele nutritive (N : P sau N : P : K), care corespunde numai pentru anumite condiții de sol şi la anumite plante, aceasta necesită corectarea raportului dintre elementele nutritive prin folosirea şi a îngrăşămintelor simple.

TEST DE EVALUARE

1.Ce se înțelege prin îngrăşământ complex ?

Răspuns:

Agricultura intensivă necesită să se aplice atât îngrăşăminte cu azot cât şi cu fosfor, potasiu sau cu alte elemente. Industria chimică realizează produse ce conțin *două* elemente chimice nutritive (NP), *trei* (NPK) sau *mai multe*. Când din amestecul materiilor prime rezultă compuşi chimici noi, produsul poartă numele de îngrăşământ *complex*.

2. Ce se înțelege prin îngrăşământ mixt?

Răspuns:

Exerciții.

Exemplu rezolvat:

1.Guano este un îngrăşământ natural care provine din:

a) Resturi vegetale

b) Acumularea îndelungată a dejecțiilor unor viețuitoare.

c) Combustia substanțelor organice vegetale

d) Îngrăşăminte verzi

Rezolvare: b

De rezolvat:

2. Cenuşa este un îngrăşământ natural care provine din:

a) Resturi vegetale

b) Acumularea îndelungată a dejecțiilor unor viețuitoare.

c) Combustia substanțelor organice vegetale

d) Îngrăşăminte verzi

Rezolvare:

REZUMATUL TEMEI

Îngrăşămintele complexe şi mixte

Sortiment, caracteristici agrochimice. Îngrăşăminte complexe cu microelemente. Îngrăşăminte complexe lichide Îngrăşăminte complexe din deşeuri organice Îngrăşăminte mixte cu substanțe pesticide. Condiții de utilizare.

Tema nr. 20

Păstrarea îngrăşămintelor chimice

Unităţi de învaţare:

- Depozitul de îngrăşăminte
- Pregătirea îngrăşămintelor chimice înainte de aplicare
- Reguli de amestecare a îngrăşămintelor

Obiectivele temei:

- Prezentarea condiţiilor de păstrare, de pregătire înainte de aplicare, a regulilor de amestecare a îngrăşămintelor chimice în funcţie de proprităţile fizico-chimice ale acestora.

Timpul alocat temei: 1 oră

Bibliografie recomandată:

1. Davidescu D.,Velicica Davidescu, 1981. *Agrochimia modernă*. Ed. Academiei RSR Bucureşti.
2. Madjar Roxana, Velicica Davidescu. *Principii de menţinere a fertilităţii solului.* Ed. INVEL – Multimedia, 2008.
3. Madjar Roxana, 2008. *Agrochimie* – Planta şi solul. Ed. INVEL Multimedia, Bucureşti.
4. Madjar Roxana, Velicica Davidescu, 2009. *Agrochimie.* USAMVB, Facultatea de Horticultură, Învăţământ la distanţă, Bucureşti
5. Rusu Mihai, Marilena Mărghitaş, Ioan Oroian, Tania Mihăescu, Adelina Dumitraş, *Tratat de Agrochimie,* Ed. Ceres, Bucureşti, 2005.

20.1.Depozitul de îngrăşăminte

Furnizarea îngrăşămintelor chimice se poate face în orice timp al anului, însă **utilizarea lor este legată de tehnologia de cultivare a plantei** respective. De aceea, de la intrarea în gospodărie şi până la folosire ele trebuiesc păstrate astfel încât să nu-şi piardă însuşirile fizico-chimice şi nici conţinutul în elemente nutritive. Pentru aceasta, se ţine cont de: gradul de higroscopicitate, conţinutul în acizi liberi şi însuşirea de a face explozie.

Îngrăşămintele se pot păstra în depozite special construite sau în spaţii amenajate. Aceste locuri trebuie să îndeplinească următoarele condiţii pentru ca îngrăşămintele să nu-şi înrăutăţească însuşirile fizico-chimice:

- **Temperatura** în depozit nu trebuie să aibă variaţii mari de la zi la noapte, deoarece se favorizează producerea de condensări de vapori de apă la suprafaţa şi în interiorul

îngrăşămintelor. Temperatura scăzută şi fără variaţii mari este cea mai potrivită. Depozitul trebuie prevăzut cu ventilaţie şi cu uşi şi ferestre care se închid cât mai ermetic.

- **Înălţimea de aşezare** a îngrăşămintelor nu trebuie să depăşească 2 m, pentru că presiunea ce o exercită favorizează transformarea în bolovani şi scade punctul critic de explozie al îngrăşămintelor cu azot (azotat de amoniu).
- **Umiditatea în depozit** trebuie să fie scăzută. De aceea se vor evita locurile joase sau încăperile cu igrasie. Pardoseala nu trebuie să fie din ciment, pentru că favorizează condensarea vaporilor de apă. Cea mai potrivită este pardoseala de asfalt sau scânduri gudronate.
- **Volumul spaţiului de depozitare** se calculează ţinându-se seama că în medie 1tonă îngrăşăminte ocupă 1,25 m^3, ceea ce revine pe înălţimea de depozitare de 2m circa 0,6 m^2 pentru o tonă.
- **Pereţii**, pentru a nu se degrada datorită aciditătii unor îngrăşăminte, se gudronează până la înălţimea de 2 m sau se căptuşesc cu scânduri care se gudronează.
- **Îngrăşămintele higroscopice** se depozitează în sacii în care sunt ambalate, aşezaţi culcaţi, şi nu în picioare (fiindcă plesnesc).
- Îngrăşămintele care vin în **vrac** (vărsate) se depozitează în compartimente separate, cu pereţi detaşabili.
- **Acoperişul depozitului** nu se recomandă să se facă din tablă, căci se deteriorează uşor (datorită pierderilor lente de NH_3 şi oxizi de azot), ci din ţiglă.
- În timpul manipulării îngrăşămintelor trebuie luate **măsuri de protecţie a muncii**.

20.2.Pregătirea îngrăşămintelor chimice înainte de aplicare

Uneori, înainte de aplicare este necesar ca îngrăşămintele să fie supuse câtorva operaţii suplimentare.

Mărunţirea îngrăşămintelor. În toate cazurile când îngrăşămintele în timpul depozitării s-au aglomerat transformându-se în conglomerate sau bulgări, se mărunţesc. Îngrăşămintele greu solubile în apă se mărunţesc cât mai fin. Îngrăşămintele solubile în apă se mărunţesc astfel încât mărimea particulelor să fie de 1-3 mm; parţial se admit şi particule de 5mm. Particulele mai mari de 3-5 mm nu sunt admise deoarece duc la o creştere locală a

concentrației, care poate fi dăunătoare plantelor în curs de germinare sau creştere. Mărunțirea se face cu maiul sau cu zdrobitoare mecanică.

20.3.Reguli de amestecare a îngrăşămintelor

Amestecarea îngrăşămintelor. In practică se recomandă de multe ori să se aplice în acelaşi timp două, trei sortimente de îngrăşăminte. Pentru a face economie de energie la transport şi la aplicare, precum şi pentru o răspândire cât mai uniformă, este bine, dacă însuşirile lor permit, să se amestece între ele.

La amestecarea îngrăşămintelor trebuie să se respecte o serie de reguli, deoarece se pot produce pierderi de substanțe nutritive (NH_3), sau se înrăutățesc unele însuşiri fizice şi nu se mai pot răspândi cu uşurință.

- Trebuie avut în vedere că la amestecarea îngrăşămintelor care conțin azot amoniacal, pot avea loc pierderi de azot. Prin amestecare nu trebuie să rezulte compuşi mai greu accesibili pentru plante sau cu grad mare de higroscopicitate [$Ca(NO_3)_2 \cdot H_2O$; $NH_4H_2PO_4$].
- Ținând seama de aceste principii **nu se pot amesteca următoarele îngrăşăminte**: azotatul de amoniu cu superfosfat, precipitat, zgura lui Thomas, termofosfat, var, dolomit, deoarece au loc pierderi de azot amoniacal, iar amestecul se transformă într-o pastă greu de împrăştiat. Se poate face acest amestec numai dacă se neutralizează mai întâi aciditatea liberă a superfosfatului.
- **Ureea** nu se amestecă cu superfosfat sau precipitat, întrucât se produc pierderi sub forma de amoniac.
- **Superfosfatul** nu se amestecă cu îngrăşăminte care conțin CaO sau $CaCO_3$, fiindcă se formează fosfatul terțiar de calciu, care este greu asimilabil.
- **Sărurile potasice** nu se amestecă cu termofosfați, zgura lui Thomas, azotat de calciu, întrucât dau produşi aglomerabili.

TEST DE EVALUARE

1.Care este suprafața necesară depozitării unei tone de îngrăşăminte chimice dacă înălțimea de depozitare este de 2 m ?

Răspuns:

Volumul spațiului de depozitare se calculează ținându-se seama că în medie 1 tonă ocupă 1,25 m^3, ceea ce revine pe înălțimea de depozitare de 2 m circa 0,625 m^2 pentru o tonă.

2. De ce nu se amestecă superfosfatul cu îngrăşăminte care conțin CaO sau $CaCO_3$?

Răspuns:

Exerciții.

Exemplu rezolvat:

1. Ureea nu se amestecă cu superfosfat deoarece:

a) se formează produşi aglomerabili

b) se formează produşi cu solubilitate mare

c) se produc pierderi sub forma de amoniac

d) se formează produşi cu higroscopicitate mică

Rezolvare: c

De rezolvat:

2. Sărurile potasice nu se amestecă cu azotat de calciu deoarece:

a) se formează produşi aglomerabili

b) se formează produşi cu solubilitate mare

c) se produc pierderi sub forma de amoniac

d) se formează produşi cu higroscopicitate mică

Rezolvare:

REZUMATUL TEMEI

Păstrarea îngrăşămintelor chimice.

20.1.Depozitul de îngrăşăminte.

20.2.Pregătirea îngrăşămintelor chimice înainte de aplicare.

20.3.Reguli de amestecare a îngrăşămintelor

Tema nr. 21
Îngrăşăminte organice naturale

Unităţi de învaţare:

- Clasificare
- Gunoiul de grajd. Compoziţia chimică, mod de păstrare şi aplicare
- Tulbureala (Gülle)
- Mranița
- Mustul de gunoi de grajd, gunoiul artificial, paiele, turba, gunoiul de păsări. Compoziţia chimică mod de păstrare şi aplicare

Obiectivele temei:

- Înțelegerea conceptului de îngrăşământ organic, clasificarea după proveniență şi însuşiri; prezentarea categoriilor de îngrăşăminte organice, compoziţia chimică, mod de păstrare şi aplicare.

Timpul alocat temei: 2 ore

Bibliografie recomandată:

1. Davidescu D.,Velicica Davidescu, 1981. *Agrochimia modernă*. Ed. Academiei RSR Bucureşti.
2. Madjar Roxana, Velicica Davidescu. *Principii de menținere a fertilității solului.* Ed. INVEL – Multimedia, 2008.
3. Madjar Roxana, 2008. *Agrochimie* – Planta şi solul. Ed. INVEL Multimedia, Bucureşti.
4. Madjar Roxana, Velicica Davidescu, 2009. *Agrochimie.* USAMVB, Facultatea de Horticultură, Învățământ la distanță, Bucureşti
5. Rusu Mihai, Marilena Mărghitaş, Ioan Oroian, Tania Mihăescu, Adelina Dumitraş, *Tratat de Agrochimie,* Ed. Ceres, Bucureşti, 2005.

Îngrăşămintele organice naturale, numite uneori şi îngrăşăminte **locale**, se obţin din diferite produse naturale de origină vegetală sau animală, printr-o anumită pregătire sau prelucrare ce se face în apropierea locului de obţinere şi de folosire, în această categorie intră: gunoiul de grajd, gunoiul artificial, turba, gunoiul de păsări, urina, mustul de gunoi şi compostul, din această grupă mai fac parte şi îngrăşămintele verzi.

Cu toată dezvoltarea industriei chimice producătoare de îngrăşăminte minerale, în viitor, îngrăşămintele organice naturale vor constitui un important mijloc pentru sporirea

fertilității, ca urmare a importanței pe care materia organică introdusă în sol o are ca factor **energetic** pentru microorganisme şi pentru îmbunătățirea însuşirilor fizico-chimice ale solului.

Experiențele şi practica au arătat că cele mai mari sporuri de recoltă se obțin atunci **când se combină armonios** îngrăşămintele organice cu cele chimice.

21.1.Clasificare

După proveniență, îngrăşămintele naturale pot fi clasificate astfel:

- **Produse secundare rezultate din zootehnie**
  - Gunoiul de grajd
  - Tulbureala
  - Urina şi mustul de gunoi de grajd
  - Gunoiul de păsări
- **Composturi şi alte îngrăşăminte organice naturale**
  - Compostul organic din resturi vegetale şi animale
  - Compostul organo-mineral din resturi vegetale şi animale în amestec cu compuşi minerale
  - Composturi biodinamice
  - Composturi din reziduuri orăşeneşti
  - Turba
- **Culturi speciale utilizate ca îngrăşământ**
  - Îngrăşămintele verzi

21.2.Gunoiul de grajd. Compoziția chimică, mod de păstrare şi aplicare.

Gunoiul de grajd este **un amestec** alcătuit din **dejecțiile consistente şi lichide** ale animalelor domestice şi **din aşternut**, este considerat un **îngrăşământ complet**, deoarece conține majoritatea elementelor nutritive necesare plantelor, ca: azot, fosfor, potasiu, calciu, magneziu, bor, mangan, zinc, cupru etc. Cu toate acestea, raportul şi conținutul formelor accesibile în care se află aceste elemente nu satisfac întotdeauna cerințele plantelor, fapt ce necesită aplicarea în completare şi a îngrăşămintelor chimice.

Gunoiul de grajd mai prezintă importanță pentru acțiunea multilaterală pe care o are asupra **însuşirilor fizico-chimice** ale solului prin ridicarea stării generale de fertilitate. Măreşte permeabilitatea pentru apă şi aer, contribuie la creşterea conținutului în humus, sporeşte capacitatea de tamponare şi puterea de reținere a substanțelor nutritive. Pe lângă toate

acestea, gunoiul de grajd **îmbogăţeşte solul cu microorganisme** folositoare şi măreşte cantitatea de bioxid de carbon din sol care ajută la solubilizarea substanţelor nutritive.

Efectul gunoiului de grajd se resimte şi la culturile care urmează în anul al doilea, al treilea şi chiar al patrulea de la aplicare.

Cantitatea de gunoi de grajd ce se poate acumula în cursul unui an într-o unitate este legată de **numărul** de animale şi **specia** acestora, de cantitatea de **aşternut** folosit, de felul **hranei** şi de **numărul de zile** cât animalele stau în stabulaţie.

Calculul cantităţii de gunoi de grajd se poate aprecia după cantitatea medie a dejecţiilor consistente şi lichide şi a cantităţii de aşternut folosit, cunoscând că în decurs de 24 ore vitele cornute mari elimină în medie 20-30 kg dejecţii consistente, 10-15 l dejecţii lichide, cabalinele 15-20 kg dejecţii consistente, 4-6 l dejecţii lichide, porcinele 1-2,5 kg dejecţii consistente, 2,5-4,5 l dejecţii lichide.

Compoziţia chimică a gunoiului de grajd

Gunoiul de grajd are o compozitie chimică **complexă**, deoarece conţine toate substanţele care au luat parte la formarea masei vegetale. Aceste substanţe trecând odată cu hrana prin organismul animal, ca de altfel şi în timpul depozitării până la folosire, suferă o serie de transformări, fără însă ca elementele principale folosite ca îngrăşăminte: azot, fosfor, potasiu, magneziu, sulf, să se piardă decât într-o mică măsură.

Compoziţia gunoiului de grajd **proaspăt** variază în raport cu **specia** şi **vârsta** animalelor de la care provine, cu **hrana**, cu felul şi **cantitatea aşternutului**.

În raport cu specia, gunoiul de grajd provenit de la cabaline şi ovine are un conţinut mai ridicat de azot, fosfor şi potasiu decât cel de la vitele cornute şi porcine.

Când animalele sunt hrănite cu nutreţuri **concentrate** (uruială, grăunţe, făn de lucernă, trifoi), compoziţia gunoiului este mai bogată în azot, fosfor şi potasiu, întrucât prin dejecţii se elimină cantităţi mai mari din aceste elemente. Când hrana este alcătuită mai mult din **furaje fibroase** (paie, coceni) sau **nutreţuri suculente** (sfeclă), atunci şi dejecţiile animalelor au un conţinut mai mic de azot, fosfor, potasiu etc. De asemenea, dejecţiile provenite de la animalele **tinere**, precum şi la cele **în gestaţie** sunt mai sărace în elemente nutritive de bază.

Datorită componentelor care intră în alcătuirea gunoiului de grajd şi care variază atât cantitativ cât şi calitativ compoziţia chimică a gunoiului de grajd proaspăt variază în limite foarte mari (tabelul 24).

Tabelul 24

Compoziția medie a gunoiului de grajd proaspăt (%)

Părțile componente	Conținutul mediu de substanțe, în kg, la 100 kg gunoi de grajd proaspăt (așternut de paie)				
	Amestecat	De cal	De cornute mari	De oi	De porci
Apă	73-75	71	77	64	72
Materie organică	21-23	25	20	31	25
Azot (N)	0,50	0,58	0,45	0,83	0,45
Fosfor (P)	0,11	0,12	0,10	0,10	0,08
Potasiu (K)	0,50	0,52	0,49	0,55	0,50
Calciu (Ca)	0,25	0,15	0,28	0,23	0,13

Transformările care au loc în compoziția gunoiului de grajd[8]

Datorită **caracterului sezonier al lucrărilor solului** şi al cantiăților de gunoi de grajd care se acumulează **zilnic**, depozitarea acestuia este **inevitabilă**. În timpul acestei păstrări se produc numeroase transformări care modifică compoziția chimică şi însuşirile fertilizante.

În practică, după durata de depozitare şi gradul de descompunere se deosebesc **4 feluri** de gunoi de grajd:

Gunoi de grajd **proaspăt**, când paiele sunt tari, rezistente şi îşi păstrează culoarea galbenă. Greutatea unui m^3 în stare afânată este de 300-400 kg, iar când este îndesat 500-600 kg.

Gunoi **semifermentat**, când culoarea paielor devine cafenie-închis, structura lor se mai cunoaşte încă, însă nu mai sunt tari şi se rup cu uşurință când se iau în furcă. Dacă se spală cu apă se obține o soluție brună-negricioasă. Față de gunoiul de grajd proaspăt se produce o scădere în greutate de 20-30%. Greutatea unui m^3 este în medie de 700-800 kg.

Gunoiul de grajd **fermentat** se prezintă ca o masă brună-negricioasă şi cu un aspect unsuros, în care structura paielor nu se mai cunoaşte.Față de gunoiul proaspăt prezintă o scădere în greutate de aproape 50%. Greutatea unui m^3 este în medie de 800-900 kg.

Gunoiul de grajd **foarte bine fermentat** (mranița) se prezintă ca o masă pământoasă, afânată, de culoare negricioasă. Față de gunoiul de grajd proaspăt prezintă o scădere în greutate de 70-75%. Un m^3 cântăreşte aproximativ 900 kg.

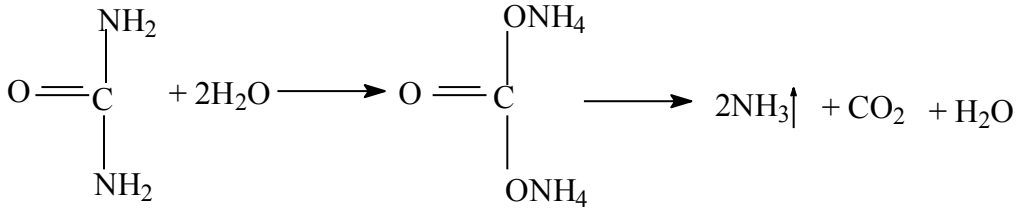
Transformările care au loc în compozitia gunoiului de grajd în timpul depozitării sunt în strânsă legătură cu **componentele de bază** pe care acesta le conține şi care sunt

[8] Transformările în timpul depozitării a materialelor organice, metodele de păstrare şi fermentare sunt similare şi pentru composturile ce se pregătesc din alte deşeuri organice (paie, frunze, gunoi de curte, deşeuri de la bucătărie,etc).

reprezentate în cea mai mare parte din glucide (celuloză, hemiceluloză, pentozani, lignină etc.), substanțe azotate, acizi organici, lipide, etc. precum şi cu **modul de aşezare**, **umiditatea** şi **temperatura** mediului ambiant.

Transformările încep chiar de când dejecțiile au fost eliminate de animale şi continuă apoi pe platforma de gunoi, datorită acțiunii unor ciuperci, bacterii, actinomycete.

Componentele azotate (ureea, acidul uric, acidul hipuric, creatinina) din dejecțiile lichide suferă o fermentare cu degajare de **amoniac** încă din grajd. Aceste descompuneri sunt favorizate de o serie de microorganisme şi unele enzime (ureaza).



Fermentarea ureei se intensifică cu cât temperatura este mai ridicată şi cu cât microorganismele (urobacterii) au la dispoziție glucide din paie, ca material energetic.

Un alt produs care se află în dejecțiile lichide este acidul uric care şi el poate suferi o descompunere ce în final dă naştere tot la amoniac.

Amoniacul şi aminoacizii care iau naştere prin descompunerea substanțelor azotate din dejecțiile lichide sau solide, pot să se lege pe cale chimică cu derivați rezltați din metabolismului glucidic dând compuşi de culoare închisă asemănători acizilor humici, care dau culoarea brună-închis a gunoiului fermentat.

Hidrații de carbon (celuloza, hemiceluloza,etc), care constituie principalul component al materialului de aşternut şi al dejecțiilor solide, se desfac prin acțiunea simultană a unor bacterii, ciuperci şi actinomicete. Ritmul de desfăşurare şi produsul final depinzând de faptul dacă procesele au loc cu accesul mai mare al aerului (când fermentarea poartă numele de aerobă) sau cu accesul insuficient al aerului (când fermentarea poartă denumirea de anaerobă).

În *condiții aerobe*, descompunerile au loc astfel:

$(C_6H_{10}O_5)n + nH_2O \longrightarrow nC_6H_{12}O_6 + x$ kcal

celuloză apă glucoză căldură

$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \longrightarrow 6CO_2 + 6H_2O + 674$ kcal

glucoză oxigen bioxid de carbon apă căldură

În *condiţii anaerobe*, descompunerile se petrec după cum urmează:

$(C_6H_{10}O_5)n + nH_2O \longrightarrow nC_6H_{12}O_6 + x$ kcal

celuloză apă glucoză căldură

$C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2C_3H_6O_3 \longrightarrow 3CH_4 + 3CO_2 + 41$ kcal

glucoză aldehida glicerică metan bioxid de carbon căldură

Rezultă că temperatura care se dezvoltă în urma descompunerii aerobe este de 16 ori mai mare decât în cazul fermentării anaerobe. Aceasta a făcut ca fermentarea aerobă să se mai numească şi *fermentare la cald*, iar fermentarea predominant anaerobă şi *fermentare la rece*.

Pe fundul platformei, ca şi atunci când fermentarea se face în bazine închise, poate să aibă loc un proces de reducere cu formarea de gaz metan (biogaz), metodă care se utilizează pentru producere de gaze combustibile de uz menajer.

$2(C_6H_{10}O_5)_n \longrightarrow 5nCH_4 + 5nCO_2 + 2nC$

celuloză metan bioxid de carbon cărbune

b i o g a z

Lipidele (grăsimile) care se găsesc în ţesuturile vegetale suferă la rândul lor transformări sub acţiunea unor bacterii aerobe şi a unor ciuperci, dând naştere în final la bioxid de carbon şi apă.

Prin descompunerile pe care le suferă în timpul fermentării se modifică raportul dintre diferite componente ale gunoiului de grajd. Astfel **raportul dintre carbon şi azot** (C/N) care în gunoiul de grajd proaspăt este cuprins în medie de la 19/1 la 25/1 prin fermentare se modifică şi devine 11/1-16/1 apropiindu-se foarte mult de raportul C/N din materia organică din sol. **Compoziţia chimică** după fermentare variază în limite foarte mari, însă în medie gunoiul de grajd conţine:0,5-0,6% N, 0,25-0,4% P_2O_5 (0,11-0,17 % P), 0,6-0,8% K_2O (0,5-0,66 % K) 75% apă şi 25% substanţă uscată.

Păstrarea gunoiului de grajd

În gunoiul de grajd proaspăt, substanţele nutritive, în afară de azotul amoniacal din urină, se află în cea mai mare parte în forme din care nu pot fi luate cu uşurinţă de către plante. În afară de aceasta, gunoiul de grajd proaspăt fiind păios, dacă se introduce în sol **înfoiază pământul** şi favorizează pierderea apei din sol; de asemenea, prin continuarea descompunerii în sol, microorganismele folosind ca substanţe energetice hidraţii de carbon

imobilizează azotul din nitrați sau alte forme solubile în dauna plantelor. Gunoiul de grajd proaspăt se foloseşte mai ales la înființarea **răsadnițelor, a paturilor calde** şi poate fi uneori utilizat şi la culturile de câmp pe solurile argiloase grele sau argilo-lutoase irigate.

Gunoiul de grajd devine un bun îngrăşământ atunci când după scoaterea din grajd el este **depozitat în mod rațional** pentru a suferi o anumită fermentare (descompunere).

În principiu, se deosebesc **patru procedee de colectare** a dejecțiilor animale:

- împreună cu aşternutul;
- separat dejecțiile solide şi separat cele lichide;
- spălarea dejecțiile din grajd cu apă, într-un raport de 1/2-1/3;
- pe aşternut permanent, ce se completează pe măsură ce se murdăreşte.

Fermentarea gunoiului de grajd se face **în platformă**, prin care se înțelege atât construcția cât şi depozitul de gunoi ce se aşează pe aceasta.

Platforma se construieşte fie **direct în câmp**, fie **în curtea gospodăriei**, se poate face **la suprafața** pământului sau **într-o săpătură**. Trebuie aşezată astfel încât să se respecte **condițiile de igienă**, la circa 50-200 m depărtare de locuințe şi fântânile cu apă potabilă şi cel puțin la 15 m de grajd. Ea trebuie **separată de curtea vitelor** şi de **drumurile** pe care se transportă nutrețurile, pentru a preveni răspândirea eventualelor boli. Platforma se orientează astfel ca latura cea mai lungă să fie paralelă cu direcția vântului dominant.

Dimensiunile se stabilesc în raport cu **numărul de animale**, **durata** cât acestea stau în grajd, **înălțimea de depozitare** şi de câte ori pe an se scoate la câmp gunoiul fermentat.

Platforma are o **formă dreptunghiulară** cu o lățime de 4-9 m şi lungime variabilă.

Ținând seama că în timpul descompunerilor **rezultă apă** (aşa numitul must de gunoi) care mai poate proveni şi din precipitații, fundul platformei este necesar să fie făcut din materiale impermeabile, dale din beton (50x50 cm), cărămidă arsă, bile de lemn smolite sau argilă grasă bine bătută.

Pe una sau două din laturile platformei se construieşte **bazinul pentru colectarea mustului de gunoi de grajd** rezultat în timpul fermentării, socotind 1,5 - 2 m^3 pentru fiecare 100 m^2 de platformă, dacă gunoiul se scoate la câmp de 2-3 ori pe an. Bazinul se situează la cel puțin 1 m sub punctul cel mai jos al fundului platformei. El trebuie să fie **impermeabil** pentru apă şi **acoperit** cu un capac, care să ferească lichidul de îngheț, de contact direct cu aerul şi de variațiile temperaturii care favorizează pierderea azotului amoniacal. Pentru a micşora pierderile de azot trebuie evitat ca în bazin să treacă resturi de paie, care constituie material energetic pentru microorganisme. La suprafața lichidului din bazin, spre a împiedica

contactul cu aerul care favorizează pierderile de azot, se toarnă un **strat de ulei mineral**, păcură sau petrol în cantitate de 0,5-1 litru la m^2.

Aşezarea gunoiului în platformă

Aşezarea gunoiului în platformă prezintă o deosebită importanţă pentru calitatea materialului ce se obţine din punct de vedere al valorii fertilizante.

Fermentarea este condiţionată de **umiditatea** materialului, **aeraţie** şi **temperatură**.

Descompunerea cea mai energică se face la o umiditate a gunoiului de grajd cuprinsă între 55 şi 75%. Cu cât materialul este aşezat mai afânat şi aerul pătrunde mai uşor în platformă, cu atât descompunerea este mai energică, ceea ce duce în acelaşi timp şi la ridicarea temperaturii în masa materialului din platformă.

Temperatura în platformă mai depinde şi de raportul dintre aşternut şi dejecţiile lichide şi solide, precum şi de proveniența acestora (cabaline, taurine).

Fermentarea în grămezi aşezate nesistematic este un proces neraţional, în care gunoiul de grajd se aşează la întâmplare într-o grămadă fără o formă regulată. O astfel de păstrare duce la pierderea azotului amoniacal şi a altor substanţe nutritive, fermentarea se face neuniform, la partea exterioară se instalează mucegaiuri, materialul fumegă, este neuniform descompus şi valoarea fertilizantă este foarte scăzută.

Fermentarea prin aşezare afânată, denumită şi fermentare aerobă, la cald. Gunoiul scos zilnic din grajd se aşează la întâmplare într-o platformă afânat, **în porţiuni** de circa 0,8-1 m înălţime şi 1,5-2 m lăţime, în **mod alternativ**, până se ajunge la înălţimea totală de circa 2,2-2,5 m. Datorită accesului aerului, temperatura se ridică (în 3-4 zile vara şi 8-10 zile iarna) la 50-60°C.

Viteza de fermentare se reglementează prin **udarea platformei** la câteva zile în cazul în care se urmăreşte ca descompunerea să meargă mai rapid, sau mai rar când se urmăreşte întârzierea ei. Prin udare, aerul din platformă încărcat cu CO_2 este împins afară, în locul lui pătrunzând aer proaspăt, care fiind bogat în oxigen, intensifică ativitatea bacteriilor aerobe. De obicei, fermentarea durează 2-3 luni.

Fermentarea prin aşezare îndesată, denumită şi fermentare la rece, sau anaerobă. Aşezarea gunoiului scos zilnic din grajd se face **alternativ în straturi** de 30-35 cm grosime, când este mai sărac în paie şi de 60-90 cm când este bogat în paie, **pe porţiuni** cu latura de 2-3 m lăţime. După fiecare aşezare **se îndeasă bine** şi se acoperă cu lese de nuiele, tulpini de floarea soarelui sau cu un capac de scânduri.

Se continuă aşezarea pe aceeaşi porţiune în zilele următoare până la înălţimea de 2,0-2,5 m, după care **se acoperă** cu un strat de pământ de 15-20 cm. Se trece apoi la aşezarea gunoiului alături în a doua porţiune, strâns legată de prima şi aşa mai departe. Pentru a evita uscarea materialului şi dezvoltarea mucegaiurilor nefolositoare, platforma **se înconjoară** de jur-împrejur cu lese de nuiele, tulpini de floarea soarelui sau alte materiale.

Prin aşezare îndesată, descompunerile merg mai încet, bioxidul de carbon ce rezultă rămâne în atmosfera din interiorul platformei, iar temperatura nu creşte peste 30-35°C vara şi 20-25°C iarna. Fermentarea durează 3-4 luni, după care scăderea în volum a platformei faţă de cantitatea iniţială este de 15-30%, iar cea de azot de 10-25%. După această perioadă, materialul capătă o **culoare brună-închis**, are un aspect untos şi miros caracteristic.

Fermentarea prin aşezare afânată la început, apoi îndesată. Gunoiul de grajd se aşează la început **afânat pe porţiuni**, **în straturi** de 0,8-1 m înălţime şi după ce temperatura se ridică la circa 55-60°C (adică după 3-4-zile vara şi 8-10 zile iarna) **se îndeasă**. Temperatura scade după aceea la 35-45°C. Peste acest strat se aşează din nou gunoi în acelaşi mod, procedându-se astfel până ce platforma atinge o înălţime de 2,0-2,5 m când se acoperă cu un strat de pământ. Fermentarea durează 4-5 luni.

Fermentarea sub picioarele animalelor sau cu aşternut permanent. În principiu, procedeul constă în punerea de aşternut proaspăt peste cel vechi pe măsură ce acesta se murdăreşte. Datorită îndesării sub greutatea corpului animalelor se creează condiţii pentru fermentare anaerobă, obţinându-se un gunoi de grajd fermentat cu un conţinut de azot ridicat.

Se deosebesc **două variante**, una **a grajdurilor adânci**, unde podeaua se face cu 0,4-0,8 m sub nivelul solului şi alta de creştere a vitelor **în întreţinere liberă în padocuri**. Procedeul nu este recomandabil pentru vacile în lactaţie şi pentru cabaline. Se poate practica pentru vitele cornute puse la îngrăşat, ca şi pentru oi şi capre.

Folosirea gunoiului de grajd

Gunoiul de grajd se poate încorpora în sol în principiu în orice perioadă a anului. Cel mai bine este însă atunci când încorporarea se face odată cu lucrările solului din vară-toamnă. Transportul la câmp pentru a împiedica pierderile de azot amoniacal este bine să se facă pe o vreme răcoroasă şi noroasă. Gunoiul scos la câmp este bine să se împrăştie cât mai uniform şi se se încorporeze în aceeaşi zi sub brazdă cu plugul. Nu este bine să fie lăsat în grămezi mici, deoarece este uscat de vânt, o parte din azot (NH_3) se pierde, iar terenul se îngraşă neuniform,

iar în urma căderii ploilor, o parte din substanțe se spală în adâncime pe locul unde a fost depozitat în grămezi.

Când nu se poate încorpora imediat în sol este mai bine să se aşeze la **hotarul dintre tarlalele** ce urmează a fi îngrăşate, în grămezi mari, bine îndesate şi cu marginile drepte.

Pe terenurile nisipoase, pe cele în pantă, precum şi în zonele cu umezeală suficientă, unde plantele se seamănă mai târziu, gunoiul de grajd poate fi indrodus în sol şi **primăvara**.

Încorporarea gunoiului de grajd se face la **20-24 cm** pe solurile nisipoase, pe cele cu crăpături, pe solurile de pădure, dar şi pe cele din zonele secetoase. Pe solurile argiloase, cât şi în zonele cu umezeală suficientă, încorporarea se face la **16-20 cm.**

La aplicarea gunoiului de grajd răspund favorabil aproape toate plantele de cultură. **În primul an** este mai bine folosit de plantele cu o perioadă lungă de vegetație: cartof, cânepă, sfeclă, porumb, floarea-soarelui, plante furajere (sorg, iarbă de Sudan), dar şi o serie de legume, precum: varză, castraveți tomate. Cu rezultate bune se foloseşte în livezi şi la vița de vie pe rod şi în şcolile de vițe, plante decorative (gunoi bine fermentat).

Gunoiul de grajd îşi manifestă acțiunea şi în anul al doilea, al treilea şi chiar al patrulea de la aplicare.

21.3.Tulbureala (Gülle)

Colectarea dejecțiilor animalelor se mai poate face prin **prin spălare grajdurilor** cu cantitați mici de apă în raport de 1 parte dejecții la 2-3 părți apă. Colectarea se face într-un **bazin acoperit**, care se poate afla sub pardoseala grajdului sau în apropierea acestuia. Se obține **un amestec** de dejecții lichide şi consistente, uneori cu cantități mici de paie tocate mărunt, praf de turbă, rumeguş. Acest amestec se lasă să **fermenteze** timp de 2-3 săptămâni vara şi 4-6 săptămâni iarna, după care se scoate la câmp. Înainte de utilizare **se amestecă** partea lichidă cu partea consistentă depusă la fund. Întotdeauna când se scoate la câmp este nevoie să se **subțieze cu apă** astfel ca în final raportul dintre dejecțiile animalelor şi apă şă fie de 1:6 la 1:10.

Tulbureala este un bun îngrăşământ pentru păşuni, plante de siloz, fânețe, livezi, ca şi pentru plantele de câmp.

21.4.Mranița

Mranița, rezultă printr-o descompunere foarte avansată a gunoiului de grajd, este un îngrăşământ ce se foloseşte mai ales în răsadnițe, în sere, în floricultură şi uneori la culturile de câmp. Conține 0,7-2,0% N, 0,3-1,2% P_2O_5, 0,8-0,9% K_2O şi 70% apă.

Se foloseşte cu multă eficiență prin aplicarea la cuib sau pentru realizarea de amestecuri de pământ, ghivece nutritive folosite în legumicultură şi floricultură.

Eficiența creşte dacă se umectează cu îngrăşăminte lichide, în soluții cu concentrația scăzută.

21.5.Mustul de gunoi de grajd, gunoiul artificial, paiele, turba, gunoiul de păsări. Compoziția chimică mod de păstrare şi aplicare.

Prin fermentarea gunoiului de grajd rezultă un lichid denumit **must de gunoi de grajd**. Cantitatea ce se acumulează variază în raport cu metoda de păstrare a gunoiului de grajd, durata de fermentare şi posibilitatea ca apa de precipitații să pătrundă în platformă (tabelul 25).

Compoziția mustului de gunoi de grajd variază foarte mult, conținând în medie 0,2-0,4% N, 0,03-0,06% P_2O_5 şi 0,4-0,6% K_2O.

Tabelul 25

Acumularea mustului de gunoi de grajd pentru fiecare tonă în raport cu metoda de păstrare a gunoiului de grajd după 4 luni

Specificare	Metode de păstrare					
	afânat		afânat-îndesat		îndesat	
	litri	%	litri	%	litri	%
Mustul de gunoi rezultat	100-150	10-15	45-60	4,5-6	20-30	2,3

Urina animalelor, care nu este reținută de aşternut, se dirijează din grajd în bazine special construite în afara grajdului.

Cantitatea de urină ce se poate acumula este în legătură cu **specia** animalelor, **vârsta**, natura şi cantitatea **hranei, temperatura** mediului, starea de **sănătate** a animalelor.

În medie, în decurs de 24 ore, animalele adulte elimină: 10-15 litri bovinele, 4-6-litri cabalinele, 2,5-4,5 litri porcinele şi 0,6-1 litri ovinele.

Urina de cabaline conține în medie 0,9-1,5% N, cea de bovine 0,5-0,6% N, cea de porcine 0,40-0,45 % N, iar cea de ovine 1,5-1,95% N. Urina mai conține urme de fosfor, iar potasiu în cantități ce variază între 0,4% (cabaline) şi 2,26% (ovine). De asemenea, conține cantități mici de magneziu, calciu, sulf şi diferite substanțe cu rol stimulator (auxine).

Urina şi mustul de gunoi de grajd sunt mai ales îngrăşăminte **azotopotasice.** Până la folosire ele trebuie **păstrate în bazine acoperite**, pentru a împiedica pierderile de azot ce au loc prin transformarea compuşilor azotați de către microorganisme specifice.

Urina ca şi mustul de gunoi de grajd constituie îngrăşăminte cu **acțiune rapidă.**

Scoaterea la câmp se poate face **în orice perioadă a anului**. Cea mai rațională este utilizarea în doze mici şi repetate.

Când se duce la câmp trebuie transportată în butoaie sau cisterne închise. Se împrăştie cu dispozitive speciale cât mai aproape de suprafața solului şi pe cât posibil în zilele cu nor şi fără vânt.

Se pot utiliza ca îngrăşăminte **de bază** sau **suplimentare**. Ca îngrăşăminte de **bază** se încorporează odată cu arătura adâncă pe terenurile destinate culturilor de cartofi, cânepă, rădăcinoase, oleaginoase, plante legumicole etc., în cantități de 5-15t/ha până la 10-30t/ha (legume). Nu este indicat a se da ca îngrăşământ de bază în toamnă pe soluri uşoare. Eficiența creşte când se aplică împreună cu îngrăşămintele fosfatice.

În timpul vegetației se aplică la păşuni, legume (excepție țelina), rădăcinoase, pomi etc., atât urina cât şi mustul de gunoi de grajd în cantitate de 3-5 t/ha până la 10-15 t/ha în amestec cu 2-3 părți apă. După împrăştiere, solul se lucrează cu o unealtă oarecare. Pe acelaşi teren, folosirea urinei şi a mustului de gunoi de grajd se face **la 2-3 ani odată**, pentru a evita îmburuienarea. În ceilalți ani se utilizează îngrăşăminte chimice. Atât urina cât şi mustul de gunoi de grajd se pot utiliza cu rezultate bune pentru pregătirea composturilor.

Gunoiul artificial sau compostul din paie rezulta din transformarea prin compostarea unor însemnate cantități de paie acumulate în unități cu profil cerealier. Compostarea se face aerob sau anaerob. Faptul ca paiele conțin cantități mici de N, raportul C/N este de 50/1, biodegradarea celulozei decurge foarte încet determină adaugarea a 0,7 -1 kg N pentru fiecare kg paie s.u. sub formă de îngrăşăminte chimice, urină, must de gunoi, vreji de leguminoase. Compostarea se face în platformă. Platforma se udă periodic, nu trebuie lasată să se usuce. Există mai multe procedee de compostare prin presarea paielor şi continuarea fermentării anaerobe sau reactivarea fermentării prin adăgarea de gunoi de grajd sau terci din pleavă, paie tocate, rumeguş, urină cu rol în activarea descompunerilor.

Turba se prezintă sub forma unui sediment recent, din diferite resturi vegetale de plante de locuri umede, în diferite grade de descompunere. Se găseşte la noi în ţară în zona muntoasă şi deluroasă, pe o suprafaţă de 7078 ha răspândite în peste 40 de puncte.

Turba conține în medie azot total de la 1 la 3,1%, fosfor total de la 0,08 la 0,22%, poasiu total de la 0,07 la 0,25%. Pentru a fi folosită ca îngrăşământ, plantele ce o alcătuiesc trebuie să fie descompuse în proporţie de peste 40-45%, poate fi folosită fie **direct**, fie **după compostare**, singură sau cu gunoi de grajd, fecale, urină, must de gunoi, îngrăşăminte minerale.

Turba se foloseşte la fel ca şi gunoiul de grajd, însă în doze duble, eficiența fiind asemănătoare cu a acestuia. Rezultate mai bune decât gunoiul de grajd dă atunci când se foloseşte în sere la plantele legumicole sau la cele decorative.

Gunoiul de păsări, provenit din dejecțiile acestora, în amestec cu produsele folosite ca aşternut pe pardoseală (praf de turbă, pleavă, coji de floarea-soarelui), constituie un îngrăşământ cu **acțiune rapidă** şi cu un conținut aproape dublu de azot, fosfor şi potasiu față de gunoiul de grajd. Anual se pot acumula în medie 6 kg gunoi de la o găină, 8 kg de la o rață, 14 kg de la o gâscă.

Până la folosire, pentru a împiedica pierderile de azot, gunoiul de păsări trebuie **să se zvânte**, prin amestec în padoc cu un aşternut uscat, iar după ce se curăță padocul, se păstrează sub un şopron la loc uscat. Se poate folosi ca atare prin mărunțire, la legume, pomi sau sub forma unei **suspensii în apă**, ce se aplică la răsaduri sau culturi legumicole în timpul vegetației. Dejecțiile păsărilor, proaspete, uscate şi măcinate pot fi folosite parțial ca **înlocuitor proteic** în hrana rumegătoarelor sau a suinelor.

TEST DE EVALUARE

1.Ce este gunoiului de grajd ?

Răspuns:

Gunoiul de grajd este **un amestec** alcătuit din **dejecțiile consistente şi lichide** ale animalelor domestice şi **din aşternut**.

2. Care sunt modalitățile de aşezarea a gunoiului de grajd proaspăt în platformă în vederea compostării ?

Răspuns:

Exerciții.

Exemplu rezolvat:

1. Gunoiul de grajd conține în medie azot în proporție de:

a) 5%

b) 0,5%

c) 10%

d) 0,05%

Rezolvare: b

De rezolvat:

2. Gunoiul de grajd conține în medie fosfor în proporție de:

a) 0,25%

b) 1,25%

c) 12,5%

d) 5%

Rezolvare:

REZUMATUL TEMEI

Îngrăşăminte organice naturale.

20.1.Clasificare.

21.2.Gunoiul de grajd. Compoziția chimică, mod de păstrare şi aplicare.

21.3.Tulbureala (Gülle)

21.4.Mraniță.

21.5.Mustul de gunoi de grajd, gunoiul artificial, paiele, turba, gunoiul de păsări. Compoziția chimică mod de păstrare şi aplicare.

Tema nr. 22

Composturi şi alte îngrăşăminte organice naturale

Unităţi de învaţare:

- Compostul
- Îngrăşăminte verzi
- Îngrăşăminte cu substanţe humice
- Amestecuri organo-minerale
- Materiile reziduale ale oraşelor
- Nămolurile
- Apele uzate

Obiectivele temei:

- Definirea şi stabilirea tipurilor de composturi, prezentarea altor categoriilor de îngrăşăminte organice, compoziţia chimică, mod de păstrare şi aplicare.

Timpul alocat temei: 2 ore

Bibliografie recomandată:

1. Davidescu D.,Velicica Davidescu, 1981. *Agrochimia modernă*. Ed. Academiei RSR Bucureşti.
2. Madjar Roxana, Velicica Davidescu. *Principii de menţinere a fertilităţii solului.* Ed. INVEL – Multimedia, 2008.
3. Madjar Roxana, 2008. *Agrochimie* – Planta şi solul. Ed. INVEL Multimedia, Bucureşti.
4. Madjar Roxana, Velicica Davidescu, 2009. *Agrochimie.* USAMVB, Facultatea de Horticultură, Învăţământ la distanţă, Bucureşti
5. Rusu Mihai, Marilena Mărghitaş, Ioan Oroian, Tania Mihăescu, Adelina Dumitraş, *Tratat de Agrochimie,* Ed. Ceres, Bucureşti, 2005.

22.1. Compostul

Compostul constituie un îngrăşământ organic sau organo-mineral care se obţine prin **fermentarea diferitelor resturi vegetale şi animale din gospodărie, singure sau în amestec cu diferiţi compuşi minerali** (cenuşă, var, nămol, pământ) până când substanţele nutritive trec în forme accesibile plantelor.

Compostul se poate pregăti şi cu adaus de îngrăşăminte minerale, de obicei fosfatice, când poartă numele de composturi **organo-minerale**.

Ca resturi organice ce intră în alcătuirea compostului se folosesc deşeuri de la bucătărie, oase, copite, deşeuri de lână, insecte, frunze, tulpini de porumb tocate, de floarea soarelui, resturi de arii, nutreţuri stricate, fecale, precum şi apă de la spălatul rufelor, măturătura de stradă, gunoaie de curte. Fermentarea acestora se face în **platforme** aşezate la suprafaţa pământului sau în săpătură, care trebuie să îndeplinească aceleaşi condiţii ca şi în cazul fermentarii gunoiului de grajd. Lăţimea platformei este mică, deasemenea şi înălţimea, întrucât datorită diversităţii materialelor este necesar să se facă o **fermentare activă** printr-o aeraţie cât mai puternică. Pentru declanşarea fermentaţiei se poate adăuga la început compost fermentat sau gunoi de grajd fermentat.

Pe fundul platformei se aşează diferite materiale (tulpini de floarea soarelui, tulpini de porumb, paie) care facilitează drenarea lichidelor şi accesul aerului.

Aşezarea în platformă se poate face **prin stratificare alternativă** cu pământ sau alte resturi (fecale, dejecţii de porc etc.).

Pentru ca fermentare să se facă cât mai uniform, după circa două luni de la terminarea platformei, aceasta **se desface**, materialele se lopătează, se amestecă **şi se clădeşte din nou**, astfel ca partea interioară să vină spre exterior.

Fermentarea durează în raport cu materialele componente de la 4-6 luni până la un an. Compostarea se consideră terminată când materialul se prezintă uniform, de **culoare brună-negricioasă** cu aspect grăunţos-pământos.

Compoziţia chimică variază foarte mult, în medie conţine 0,15-0,95% azot, 0,14-1,2% fosfor, 0,3-1,85% potasiu.

Compostul poate fi folosit ca îngrăşământ **la orice plantă**. Are **acţiune rapidă**. Se utilizează mai frecvent la fertilizarea culturilor de legume şi a pomilor roditori. Se aplică în cantitate de 10-15 t/ha la cereale, 20-25 t/ha la plante furajere, rădăcinoase, livezi. Se mai poate utiliza la cuib odată cu plantatul sau sub cultivator înainte de însămânţare, precum şi la pregătirea amestecurilor pentru ghivece nutritive.

Efectul favorabil al compostului se datoreşte şi **acţiunii antibiotice** pe care îl are asupra unor bacterii, ciuperci, virusuri care atacă părţile din sol ale plantelor (exemplu *Fusarium, Rhizoctonia, Ophibolus* etc).

Composturi biodinamice. O alternativă în practica obişnuită a agriculturii intensive, chimizată, mecanizată, o constituie aşa zisa "agricultură biologică" care prin procedeele folosite caută să respecte "legile naturii", pornind de la conceptul că solul este un organism viu, iar unele intervenţii ale omului în procesele biologice din sol, pot să aibă uneori efecte negative pe perioade lungi de timp.

Agricultura biologică denumită uneori şi agricultura biodinamică pune accent pe folosirea îngrăşămintelor organice naturale, pregătite după o metodologie specială. Sunt admise şi îngrăşămintele minerale naturale (făina de fosforite, silicaţi, săruri potasice naturale).

Composturi biodinamice se pregătesc atât din materiale de origină vegetală cât şi de origină animală şi substanţe minerale.

Pentru obţinerea unor composturi cu însuşiri calitative superioare, în timpul aranjării materialelor în platformă, sau la sfârşitul acestei operaţiuni, **se adaugă** preparate speciale **bacteriologice** sau **enzimatice** care favorizează descompunerea precum şi sinteza unor compuşi organici specifici.

Astfel de preparate propuse de F. Pfeiffer se obţin printr-o fermentaţie îndelungată a unor plante medicinale: coada şoricelului (*Achillea millefolium*), muşeţel (*Chamomilla officinales*), urzica (*Urtica dioica*), păpădia (*Taraxacum officinale*), odolean (*Valeriana officinalis*), scoarţă de stejar (*Quercus robur*-gorun), margarete-tufănică (*Chrisanthemum*), precum şi deşeuri de organe animaliere (stomac de rumegătoare) în amestec cu pământ.

22.2. Îngrăşăminte verzi

Îngrăşământul verde constă din încorporarea în sol a unor plante în stare verde-în special leguminoase cultivate în acest scop.

Îngrăşământul verde are o **acţiune multilaterală** datorită faptului că:

- îmbogăţeşte solul în substanţe organice;
- măreşte rezervele de azot asimilabil din sol;
- aduce în orizontul arabil cu ajutorul rădăcinilor, substanţele hrănitoare din straturile mai adânci;
- măreşte eficienţa îngrăşămintelor chimice;
- împiedică de la spălare substanţele nutritive uşor solubile;
- îmbunătăţeşte regimul de apă al solului.

Acțiunea îngrășământului verde se manifestă şi în anul al doilea şi al treilea de la aplicare.

Plantele care se folosesc ca îngrășăminte verzi trebuie să fie **puțin pretențioase** la condițiile de sol şi într-un timp scurt să dea o **cantitate mare de masă vegetală**.

Aceste plante se pot semăna **singure** sau **în amestec**. Folosirea lor se face în raport cu condițiile de climă şi sol din zona ecologică respectivă (tabelul 26).

Tabelul 26

Plantele folosite ca îngrășământ verde în raport cu condițiile de sol

Zona agricolă de cultură	Soluri			
	Nisipoase	Lutoase	Argiloase	Sărături oase
Zona foarte favorabilă (precipitații peste 550--600 mm anual)	Lupin galben, trifoi încarnat, măzăriche păroasă, sulfină albă, seradella.	Lupin albadtru, lupin galben, seradella, lupin peren, lupin alb, latir, trifoi roşu, trifoi mărunt, hrişcă, secară.	Lupin albastru, lupin peren, lupin alb, trifoi mărunt, măzăriche comună, bob mărunt, rapiță colza.	-
Zona favorabilă (precipitații peste 500 mm anual)	Lupin galben, sulfină albă.	Rapiță, floarea soarelui, lintea pratului,muştar	Lintea pratului (latir) mazăre, rapița	Lupin cu floarea roşie, lupin alb, sulfină, hrişcă, floarea soarelui, măzăriche păroasă
Soluri în regim irigat	Măzăriche păroasă, trifoi mărunt.	Lintea pratului, sulfină	Lintea pratului, fasole, măzăriche	-

Față de condițiile din țara noastră, îngrășământul verde reuşeşte în zonele unde există o repartizare mai bună a precipitațiilor în cursul perioadei de vegetație sau unde se practică irigarea. O reuşită bună se consideră când se realizează o cantitate de masă verde de 12-20 t/ha.

În practică, în raport cu clima, solul, specia de plante, se întâlnesc mai multe procedee de folosire a îngrășământului verde:

Îngrăşământul verde în cultură curată ocupă terenul în cursul perioadei principale de vegetație şi se practică numai pe terenurile cu o fertilitate foarte scăzută, mai ales pe cele nisipoase sau sărături oase. Se utilizează leguminoase care se încorporează în sol în cursul verii, când păstăile încep să capate un aspect lucios. Încorporarea se face la adâncimea de 18-20 cm sub plug, după care se tăvăleşte sau se grăpează, pentru ca terenul să nu rămână înfoiat.

Îngrăşământul verde ca o cultură intermediară ocupă terenul în intervalul dintre culturi de plante anuale agricole.

Eficiența îngrășământului verde creşte dacă înainte de semănat se dau şi îngrășăminte chimice (fosfatice, uneori şi potasice) şi dacă se respectă regulile agrofitotehnice cerute de

fiecare plantă. O fertilizare reuşită este echivalentă cu eficienţa pe care o are folosirea a 20 t/ha gunoi de grajd.

22.3. Îngrăşăminte cu substanţe humice sunt obţinute prin extragerea substanţelor humice din materii organice vegetale aflate în diferite grade de descompunere, de regulă se foloseşte turba eutrofă sau cărbunii de pământ, cu un conţinut de cel puţin 10% acizi humici.

Îngrăşămintele conţin humaţi de sodiu sau de amoniu, singuri sau în amestec cu îngrăşăminte minerale.

Din categoria îngrăşămintelor cu substanţe humice face parte **humatul de sodiu** preparat din turbă sau carbune prin fierbere cu o soluţie bazică de NaOH în concentraţii diferite în funcţie de conţinutul în acizi humici, în urma extracţiei acizilor humici se obţine humatul de sodiu. În mod asemănător se obţine **humatul de amoniu** folosind apă amoniacală în loc de soluţie bazică de sodă caustică.

22.4.Amestecuri organo-minerale

Pentru flori şi legume se produc composturi care se comercializează sub diferite denumiri comerciale :

Arbo – compost din nămoluri reziduale, cu gunoi de grajd şi turbă – conţine în medie 0,3% N, 0,17% P şi 4,2 % K.

Biohum şi **biofert**, composturi din nămoluri şi turbă, conţin în medie 0,6% N, 0,1% P, 0,2%K şi 1,0 % Ca.

Fumalt, compost îmbogăţit cu N (sulfat de amoniu), P (fosfat secundar de calciu) şi K (clorură de potasiu), în raport N :P :K de 2 : 8 : 6 şi 4 : 7 : 7.

Huminal (humofos), intră categoria îngrăşămintelor cu substanţe humice, dar şi a amestecurilor organo-minerale, este compost din turbă cu carbonat de amoniu şi superfosfat, conţine 2,5% N, 0,6 % P şi 2 % K_2O.

22.5. Materiile reziduale ale oraşelor. Serviciile de salubritate din oraşe colectează deşeuri menajere, gunoaie de stradă şi diferite deşeuri din întreprinderi. Pe cap de locuitor se socoteşe că anual în centrele orăşeneşti se adună între 0,2-0,5m^3. Aceste deşeuri pot fi folosite ca îngrăşământ după ce mai întâi sunt **triate** şi **compostate** prin fermentarea aerobă.

Gunoaiele menajere pot fi şi o sursă de răspândire a unor agenţi patogeni, de aceea se recomandă anumite restricţii la utilizare.

22.6. Nămolurile organo-minerale se obțin de la stațiiele de epurare a apelor uzate, de la crescătoriile de animale, fabricile de zahar, companiile de salubritate. Compoziția nămolurilor este foarte variată în funcței de proveniența acestuia, în medie, în stare umedă (85-90%) conține 0,1-0,3% N, 0,06- 0,011% P şi 0,25 – 0,17 K, iar în stare uscată conține 1,5 -2,8% N, 0,6- 1% P şi 5-7% K. Există posibilitatea să mai conțină şi $NaHCO_3$, Na_2CO_3 (dacă provin din complexele de creşterea porcilor), metale grele, agenți patogeni (daca provin din companiile de salubritate). Pentru a fi aplicate ca fertilizant sunt supuse unei fermentații aerobe şi sunt utilizate pe terenuri cu textură uşoară, prin introducere sub brazdă, în special pentru plante furajere, pepiniere.

22.7. Apele uzate. Apele de canal provenite de la întreprinderi industriale, complexe de creşterea animalelor, cât şi din colectarea apelor menajere, întreținerea oraşelor etc. conțin diferite impurități care le fac improprii scopului inițial, însă ele au însemnate cantități de elemente nutritive sub formă organică şi minerală. Deoarece evacuarea acestor ape uzate direct în apa râurilor înrăutățeşte condițiile de viață ale unui număr mare de viețuitoare de apă, ele fiind totodată şi un mediu purtător de germeni patogeni, se practică curățirea lor prin procedee **mecanice, chimice** sau **biologice.**

Epurarea biologică constă din câmpuri de filtrare şi câmpuri de irigare, unde prin acțiunea unor microorganisme aerobe se produc o serie de procese care constituie o dezinfectare a acestora.

În câmpurile de irigare cu scopul principal de dezinfectare, se pot cultiva plante furajere, specii lemnoase mari consumatoare de apă (salcia, plopul).

TEST DE EVALUARE

1.Ce este compostul ?

Răspuns:

Compostul constituie un îngrăşământ organic sau organo-mineral ce se obține prin **fermentarea diferitelor resturi vegetale şi animale din gospodărie, singure sau în amestec cu diferiți compuşi minerali** (cenuşă, var, nămol, pământ) până când substanțele nutritive trec în forme accesibile plantelor.

2. Ce este compostul biodinamic?

Răspuns:

Exerciții.

Exemplu rezolvat:

1. Composturile organice sunt materiale rezultate prin:

a) Prin procese complexe de sinteză industrială folosind deşeuri organice

b) Descompunerea microbiologică şi enzimatică a unor deşeuri

c) Prin biosinteză unor deşeuri vegetale

Rezolvare: b

De rezolvat:

2. În componența unui compost se întâlnesc materiale ca:

a) Deponii de la dragarea lacurilor

b) Deşeuri de la industria minieră

c) Resturi vegetale şi menajere

Rezolvare:

REZUMATUL TEMEI

Composturi şi alte îngrăşăminte organice naturale

Composturi biodinamice. Îngrăşăminte verzi. Îngrăşăminte cu substanțe humice. Amestecuri organominerale. Materiile reziduale ale oraşelor, nămoluri, ape uzate

TEST RECAPITULATIV

	Îngrăşămintele care prezintă pericolul cel mai ridicat de poluare sunt:	Îngrăşămintele cu azot nitric	a
		Îngrăşămintele cu azot amidic	b
		Îngrăşămintele cu azot cu eliberare lentă	c
	Gunoiul de grajd conține în medie elemente nutritive N, P, K în proporție de:	10%azot, 12%fosfor, 15%potasiu	a
		1%azot, 1,2%fosfor, 1,5%potasiu	b
		0,5%azot, 0,25%fosfor, 0,6%potasiu	c
	Gunoiul de grajd conține în medie potasiu în proporție de:	0,6%	a
		1,5%	b
		15%	c
	Gunoiul de grajd este folosit în primul an la culturile:	Prăşitoare	a
		Cereale de toamnă	b
		Direct la rădăcinoase	c
	Gunoiul de grajd este considerat în primul an un îngrăşământ preponderent cu:	Azot	a
		Potasiu	b
		Fosfor	c
	În gunoiul de grajd proaspăt, raportul C/N este în medie de:	50/1	a
		19/1-25/1	b
		8/1-12/1	c

CONTROLUL STĂRII DE FERTILITATE

Tema nr.23

Controlul stării de fertilitate prin metode agrochimice

Unităţi de învaţare:

- Diagnosticul foliar al nutriţiei după semne exterioare
- Testarea stării de fertilitate prin analiza chimică a plantei
- Testarea stări de fertilitate prin analiza chimică a solului
- Controlul stării actuale de fertilitate
- Bazele teoretice şi practice ale cartării agrochimice. Elaborarea planurilor de fertilizare.

Obiectivele temei:

- Stabilirea şi însuşirea metodelor de investigare în testarea stării de fertilitate prin analiza plantei.

- Stabilirea şi însuşirea metodelor de investigare în testarea stării de fertilitate prin analiza solului.

- Teste de teren şi laborator pentru stabilirea stării momentane de fertilitate a solului.

- Cunoaşterea etapelor şi a metodologiei întocmirii planurilor de fertilizare.

Timpul alocat temei: 2 ore

Bibliografie recomandată:

1. Davidescu D.,Velicica Davidescu, 1981. *Agrochimia modernă*. Ed. Academiei RSR Bucureşti.
2. Madjar Roxana, Velicica Davidescu. *Principii de menţinere a fertilităţii solului.* Ed. INVEL – Multimedia, 2008.
3. Madjar Roxana, 2008. *Agrochimie* – Planta şi solul. Ed. INVEL Multimedia, Bucureşti.
4. Madjar Roxana, Velicica Davidescu, 2009. *Agrochimie.* USAMVB, Facultatea de Horticultură, Învăţământ la distanţă, Bucureşti
5. Rusu Mihai, Marilena Mărghitaş, Ioan Oroian, Tania Mihăescu, Adelina Dumitraş, *Tratat de Agrochimie,* Ed. Ceres, Bucureşti, 2005.

În mod analog cu ceea ce face medicul uman când are un pacient, pe care mai întâi îl supune unei examinări după semne fizice (morfologice) aparente, iar pentru verificarea supoziţiilor şi a stabilirii "cauzelor" şi precizarea "diagnosticului" se fac o serie de analize, de teste chimice şi pentru diagnoza stării de nutriţie a plantelor este necesar să se facă mai întâi **o examinare a stării de vegetaţie,** fapt ce implică ca specialistul să cunoască bine şi să

distingă starea **normală** în raport cu soiul, vârsta etc, față de cea **anormală** de creştere şi dezvoltare, după care, cu ajutorul unor teste biologice şi chimice (analiza plantei, a solului) **stabileşte cauza** şi trece la actul decizional privind măsurile ce se impun a fi aplicate.

Din acest punct de vedere, în ceea ce priveşte starea de nutriție şi aplicare a îngrăşămintelor, distingem următoarele căi folosite în practică:

-diagnosticul **foliar** al stării de nutriție, după semne exterioare aparente;

-diagnosticul prin analiza chimică **a plantei**;

-diagnosticul prin analiza chimică **a solului**.

Dificultățile în diagnosticarea cauzelor de ordin nutritiv derivă şi din aceea că planta este de fapt o îmbinare a unui sistem **heterotrof** (rădăcinile) cu unul **autotrof** (frunzele şi tulpinile verzi), care face ca procesele metabolice să se desfăşoare oarecum diferențiat şi totuşi în cadrul unui sistem unitar, întrucât acelaşi ion (NO_3^-, $H_2PO_4^-$, K^+ etc.) se află când într-un sistem când în altul.

O singură vizită nu este de ajuns pentru a pune diagnosticul, decât în cazul unor carențe accentuate, evidente (azot, potasiu, bor). Vizitarea câmpului numai atunci când au apărut simptome puternice are puțină importanță în luarea unor măsuri, întrucât procesele biologice sunt **ireversibile**, iar plantele în condiții de stres **se readaptează la conținutul minim,** pentru asigurarea perpetuării speciei însă cu scăderea sensibilă a producției comerciale.

Vizitarea periodică a culturii este necesară pentru că uneori simptomele care indică tulburări ale nutriției se mențin o perioadă scurtă de timp, **apar, dispar şi reapar** mult mai târziu, după două-trei săptămâni însă cu repercusiuni asupra producției (Ishizuka, 1971).

La vizitarea câmpului, atunci când se observă dereglări în creştere şi dezvoltare, trebuie stabilit dacă acestea:

- sunt de data **recentă**, când este posibil să fie cauzate de atacului unor agenți patogeni, virusuri, insecte, nematozi;
- sunt apărute de mai **mult timp** sau în urma unor măsuri tehnice, ca de exemplu erbicidarea, irigația cu apă poluată, aplicarea neuniformă a îngrăşămintelor sau în doze excesive.
- sunt **restrânse**, localizate în vetre sau au un caracter general;
- apariția lor **corelează cu unii factori climatici** (seceta, insolația puternică, grindina, temperatura scăzută prelungită). Aşa de exemplu, carența în bor, se accentuează pe timp de secetă, iar efectul toxic al excesului de mangan, în anii ploioşi.

23.1. Diagnosticul foliar al nutriției după semne exterioare

Când plantele nu absorb în cantitate suficientă unul sau mai multe elemente pentru a satisface minimul necesar proceselor metabolice, pot să prezinte semne pe părțile exterioare, care arată o creştere şi dezvoltare anormală. Întotdeauna înainte de a face alte investigații, este necesar să se determine pH-ul solului. Rezultatul obținut **se compară cu intervalul optim** cerut de specia (soiul sau hibridul) la care s-a observat dereglarea.

Există o **strânsă legătură** între unele însuşiri morfologice şi starea de nutriție a plantelor.

În caz de carență în **azot**, partea aeriană se reduce, plantele se opresc din creştere, în schimb rădăcinile primare se dezvoltă mult în căutare de hrană, dar rădăcinile secundare lipsesc aproape complet. Ca urmare a carenței în azot nu se mai formează aminoacizi şi nici substanțele proteice, ceea ce face ca rădăcinile să se lignifice. Raportul C/N creşte, rezultă un exces de hidrați de carbon, o sporire a conținutului în celuloză şi lignină, care influențează asupra membranei celulare a rădăcinilor, absorbția elementelor se face mai greu, rădăcinile capătă culoare brună, față de culoarea normală care este albă.

În cazul carenței în **fosfor**, rădăcinile rămân mici şi scurte comparativ cu partea aeriană. Plantele se smulg uşor din sol. Rădăcinile capătă o culoare roşietică întrucât fierul înlocuieşte în cea mai mare parte fosforul, iar fierul este oxidat de oxigenul eliminat de rădăcină.

Carența în **potasiu**, duce la o slăbire a dezvoltării sistemului radicular şi la o scădere puternică a numărului perişorilor radiculari, ceea ce reduce puterea de absorbție şi pentru alte elemente.

Carența în **calciu** solubil, face ca rădăcinile primare să rămână scurte, iar rădăcinile secundare să nu se dezvolte. În acelaşi timp, se observă malformații.

Poziția pe plante a frunzelor cu simptome. Există **trei poziții** tipice care pot servi la diagnosticarea cauzei deranjamentelor de nutriție (fig. 25).

Când simptomele apar preponderent pe frunzele **mature de la bază** este vorba de elemente care au o mare mobilitate în plante (K, Mg) şi care nu intră în compoziția unor constituienți cu rol în alcătuirea organismului vegetal.

În cazul în care simptomele apar mai ales pe frunzele **tinere de la vârf**, este vorba de elemente care nu au o mobilitate mare în plante (B, Ca) şi de cele mai multe ori intră în constiuția unor compuşi organici care participă la alcătuirea structurii celulelor, a țesuturilor (pectina, materiale lignificate).

O a treia situație este dată de apariția simptomelor de deranjamente nutritive atât pe frunzele tinere cât şi pe cele mature, **atât de la vârf cât şi de la baza plantei**, uneori mai intense pe frunzele mature.

Culoarea frunzelor constituie un criteriu de bază în aprecierea simptomelor de carență în elemente nutritive. În numeroase cazuri, frunzele în caz de carență în unele elemente cu rol plastic, **îşi modifică culoarea normală** în raport cu intensitatea carenței şi elementul deficitar:

- în verde pal-galben (N, S, Mg);
- în verde închis-albăstrui-violet-roşietic, necroza marginilor (P);
- albirea marginilor frunzei, care devin apoi cenuşii, se schimbă în gălbui iar decolorarea se extinde şi spre interiorul frunzei între nervuri; rămân normale în ceea ce priveşte culoarea doar țesuturile de-a lungul nervurii principale şi a unor nervuri secundare, în această fază țesuturile marginale ale frunzei se necrozează, se brunifică şi suferă deformări, se răsucesc uşor (K);
- culoarea devine **marmorată**, între nervuri apar pete de forme neregulate mai deschise la culoare (gri-verde), ce alternează cu pete de culoare normală a frunzei (carență în Ca); la început necroza apare pe frunzele tinere în partea de jos şi la colțuri fără să se extindă pe întreaga frunză.
- apariția de **pete necrotice** în vârfurile de creştere, ca urmare a rolului pe care unele elemente (B, Ca) îl au în alcătuirea pereților membranei celulare şi a deranjării proceselor de respirație a celulei (Cu, Zn).

Ca urmare a interdependenței şi a interacțiunii dintre ionii nutritivi, carența într-un element influențează asupra absorbției şi a altor elemente care în sol se găsesc în cantități satisfăcătoare ceea ce conduce la apariția şi a altor semne secundare necaracteristice, dar care complică interpretarea.

Diagnoza stării de nutriție după semne exterioare pentru principalele elemente nutritive

În mod schematic în tabelul 27 se descriu simptomele caracteristice ce pot fi observate cu ochiul liber pentru principalele elemente nutritive. Aceste semne apar distinct în caz de

carență puternică. Datorită interdependenței şi interacțiunii dintre elemente, nu întotdeauna semnele exterioare respective apar suficient de caracteristice.

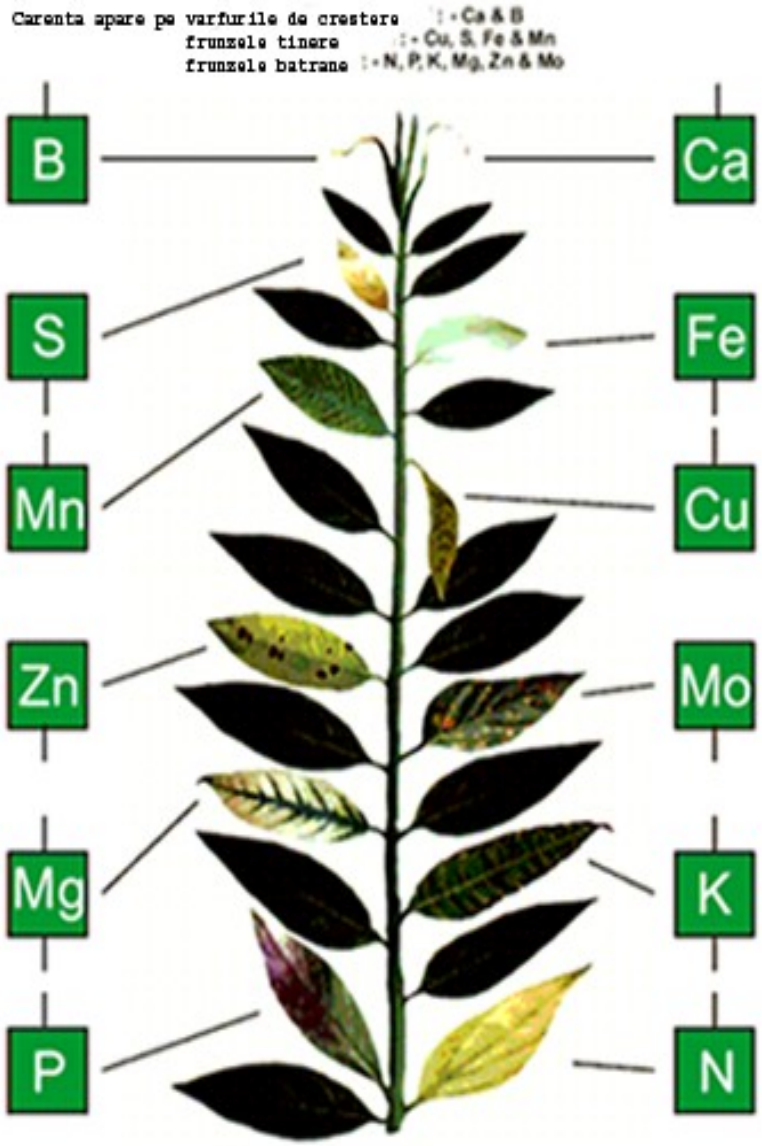


Fig. 25 Poziția pe plante a frunzelor cu simptome cauzate de deranjamente nutritive

Tabelul 27

Semne exterioare caracteristice insuficienței elementelor nutritive

(după Belousov şi Magnitki)

Elementul	Modul de creştere şi dezvoltare al plantelor	Culoarea frunzelor	Alte semne	Pe ce părți ale plantei apar în primul rând semnele, în ce fază de vegetație
1	2	3	4	5
Azot	Insuficiența se constată mai ales în perioada de creştere: tulpini, lăstari scurți şi subțiri; frunze mici; la graminee înfrățire slabă, ramificare redusă. În livezi, înflorirea la pomi slabă; formarea slabă a rădăcinilor adventive la fragi.	Verde deschis, clorotică, mai târziu se îngălbenesc; pe frunzele de varză, pomi şi arbuşti fructiferi apar nuanțe portocalii şi roşietice.	Căderea timpurie a frunzelor; lăstarii şi frunzele secundare capătă poziție verticală; fructele sunt puternic colorate.	Pe frunzele bătrâne inferioare; semnele pot să apară chiar în primele faze de creştere.
Fosfor	Creşterea accelerează întârzierea fazelor de dezvoltare mai ales înfloritul şi coacerea; formarea slabă a rădăcinilor adventive la fragi.	Albastruie verde închis, întunecată; apar nuanțe roşii (purpurii la crucifere) şi bronzate; frunzele care se usucă au culoare închisă, uneori aproape neagră.	Mărimea redusă a fructelor (măr) schimbări în coloraţia lor; căderea timpurie a frunzelor; apariţia unor pete ruginii cafenii în interiorul tuberculilor de cartof; îngroşarea pereţilor celulari.	Pe frunzele mari, ajunse la maturitate, de la partea inferioară a ramurilor sau a plantelor.
Magneziu	Întârzierea fazelor de dezvoltare.	Cloroză care apare în special pe marginile şi pe partea centrală al limbului frunzei, deseori păstrând între ele dungi verzi (castraveți, păr etc.); apariţia nuanţelor galbene cafenii şi roşii (varză); cloroză "marmorată" a frunzelor (ridiche, gulie, topinambur).	Coacerea incompleta a fructelor (măr); încreţirea şi răsucirea marginii frunzelor (tutun); fragilitatea frunzelor (la cartof) datorită conținutului mare de apă.	Pe frunzele mai bătrâne, inferioare de unde se urcă spre cele tinere; simptomele apar în fazele mai târzii, căderea frunzelor de la bază spre vârf (plante ornamentale, pomi).
Calciu	Vătămarea şi pieirea mugurilor şi rădăcinilor terminale, formarea rozetelor din frunze mici; ramificarea puternică a rădăcinilor.	Cloroză; apariţia dungilor albe pe marginea frunzelor (ridiche, gulie, varză); aspect marmorat (tomate de seră).	Răsucirea marginilor frunzei în sus (sfeclă, cartof şi altele), marginile frunzelor nu sunt drepte; pierderea turgescenței tuberculilor de cartof (pete cafenii de țesut mort).	Pe frunze şi părțile mai tinere ale plantelor.
Bor	Pieirea mugurilor şi rădăcinilor terminale; dezvoltarea intensă a lăstarilor laterali ceea ce dă plantei forma de tufă; zbârcirea frunzelor superioare; înflorirea slabă, scuturarea florilor; nelegarea fructelor; dispunerea frunzelor în formă de rozetă.	Îngălbenirea organelor vegetative şi în special a celor tinere, căderea frunzelor şi a fructelor; suberificarea țesuturilor; deformarea fructelor; pete de diverse culori (cafenie-verde-închis), crăparea fructelor.	Tulpinile şi rădăcinile goale; putrezirea rădăcinilor (la sfecla de zahăr); vătămarea fructelor (tomate); formarea țesutului mort pe suprafața şi în interiorul fructelor; dezvoltarea slabă a căpățânii la conopidă; apariţia nuanţelor cafenii; dimensiunea mică a tuberculilor la cartofi şi neuniformitatea suprafeței lor; lignificarea tulpinilor (tomate).	Pe frunze şi părțile mai tinere ale plantelor
Mangan	Poziția verticală a lăstarilor şi frunzelor	Cloroză, între nervurile frunzelor, adeseori pătarea frunzelor; nervurile frunzei şi cele mai mărunte rămân verzi cea ce face ca frunza să pară pestriță; nuanțe cenuşii, verzi şi cafenii la ovăz; apariţia unor pete mici cafenii închise de-a lungul nervurilor frunzei şi moartea țesuturilor (cartof); culoarea roşie ştearsă a frunzelor la sfecla de masă.	Distrugerea țesutului frunzei; poziția verticală a lăstarilor şi a frunzelor secundare; forma triunghiulară a frunzelor şi răsucirea marginilor în sus (sfeclă); pete cafenii sau zone seci pe suprafața internă a fiecărei jumătăți la bobul de mazăre.	Pe părțile mai tinere ale plantei (în primul rând la baza frunzelor).
Cupru	Creşterea slabă şi chiar oprirea din creştere.	Cloroza, albirea vârfurilor frunzelor.	Pierderea tugescenței la frunzele şi tulpinile tinere.	Pe părțile mai tinere ale plantei.
Zinc	Scurtarea internodiilor; frunze mici dispuse în rozete; fructificarea slabă.	Îngălbenirea sau pătarea frunzelor (cloroză) care cuprinde uneori şi nervurile; apariţia nuanţelor de bronz în coloraţia frunzelor; dungi albe la frunzele de porumb, de-a lungul nervurilor frunzei.	Frunze îngroşate (tutun); la pomi mai puternic exprimate primăvara.	La frunzele mai bătrâne, în diferitele faze de vegetație.
Sulf	Creşterea încetinită a tulpinii în grosime.	Culoarea verde-gălbuie a limbului frunzei si adeseori a nervurilor, fără să piară țesutul.	Simptomele insuficienței sunt asemănătoare cu acelea pentru azot; formarea slabă a nodozotăților la leguminoase.	Pe părțile mai tinere ale plantelor.
Fier	Încetinirea creşterii.	Cloroză neuniformă între nervurile frunzelor; culoarea verde-deschis şi galbenă a frunzelor fără moartea țesuturilor.	Formarea fructelor puternic colorate; pieirea ramurilor atunci când lipsa fierului este prea accentuată (păr, prun, vişin).	Pe părțile mai tinere ale plantelor.

23.2. Testarea stării de fertilitate prin analiza chimică a plantei

Analiza chimică a plantei în corelație cu determinarea necesarului de elemente nutritive este atribuită anului 1927, când în Franța, la vița de vie au început cercetările sistematice în vederea aplicării în practică a analizei chimice pentru stabilirea necesarului de elemente nutritive şi respectiv de îngrăşăminte. În prezent metoda a fost extinsă în practică în multe țări şi la numeroase alte plante.

Diagnosticarea stării de nutriție a plantelor, stabilirea nivelului critic de aprovizionare este o problemă complexă, atât în ce priveşte metodologia realizării, cât şi interpretarea datelor de analiză chimică.

Recoltarea probelor vegetale pentru analiză

În efectuarea analizelor chimice de plantă un moment important îl reprezintă modul de recoltare a probelor, alegerea lor, astfel încât să fie cât mai **reprezentative** şi să exprime media stării de nutriție a plantelor. Modul de alcătuire a eşantioanelor pentru analiză este de importanță fundamentală.

Alegerea **organului de referință** nu se face la întâmplare, pentru fiecare specie de plante vor fi alese organele reprezentative, caracteristice, care pot să fie **pețiolul, nervura mediană** sau **limbul** frunzei -sediul principal al transformărilor metabolice- ori **cârceii sau lăstarii** de un an, metoda variind după cum plantele sunt anuale, bienale sau perene, ierboase sau lemnoase.

Un alt aspect în metodologia de analiză chimică a plantei îl reprezintă poziția pe plantă a organului de referință analizat şi vârsta, respectiv epoca de ridicare a probei.

Testarea chimică a părților vegetative

Analiza chimică a plantei se poate face:

- pe țesuturi vegetale în întregime;
- în seva extrasă prin presare;
- în extract făcut cu diferiți reactivi.

În raport cu scopul testării probele medii recoltate pot fi analizate astfel:

- probe **proaspete**, în care se determină imediat unele componente mai puțin stabile sau care în timpul păstrării pot suferii degradări;
- probe **uscate** la aer, sau la temperatura de 60-70°C în etuvă;

- probe **conservate** în diferiți reactivi pentru inactivarea proceselor enzimatice, păstrate la întuneric şi temperaturi scăzute (frigider);
- probe **conservate la temperaturi joase** (0-2°C);
- probe **conservate prin înghețare rapidă** (la -20°C) în recipiente speciale.

Analizele efectuate pot fi **calitative** (orientative) şi **cantitative**.

În condiții de teren specialistul, cu o trusă foarte simplă – *trusa agrochimică de teren*, poate obține rezultate bune folosind reacții calitative de culoare, specifice diferitelor forme anorganice a elementelor nutritive din seva extrasă prin presare sau din sucul extras cu diferiți reactivi şi permit o interpretare calitativă a stării de aprovizionare.

Interpretarea rezultatelor analizelor chimice ale părților vegetative

Interpretarea rezultatelor analizelor este o muncă pretențioasă care impune competență şi o oarecare experiență.

La baza interpretării rezultatelor analizelor calitative trebuie să stea:

- cunoaşterea particularităților de nutriție a fiecărei specii, eventual soi, a ritmului de absorbție, a fazelor critice de nutriție;
- cunoaşterea relațiilor cantitative între elementele absorbite, creştere şi fructificare;
- corelarea cu factorii ecologici.

La interpretarea rezultatelor analizelor calitative se pot folosi o serie de diagrame, nomograme etc. elaborate pe baza experimentărilor de către laboratoare sau institute de cercerări. Se pot folosi de asemenea nomogramele pentru fiecare grupă de specii existente în instrucțiunile de folosire a trusei agrochimice de teren.

23.3. Testarea stării de fertilitate prin analiza chimică a solului

Există numeroase metode pentru determinarea elementelor nutritive şi pentru aprecierea stării de fertilitate şi a nevoi de îngrăşăminte.

Determinarea conținutului solului într-un element nutritiv nu constituie decât **o primă secvență** de estimare a stării de aprovizionare. Analiza solului **singură** nu poate stabili potențialul de producție, care este legat de specie, soi, condiții climatice. Testarea stării de fertilitate efectuată în scopul stabilirii corecte a nevoi de fertilizare presupune (un test integrat) analiza plantei şi a solului, urmată de o interpretare pe bază de corelații în raport cu ceilalți factori care concură la realizarea producției.

Controlul stării de fertilitate a solului se efectuează în scopul stabilirii interdependenței dintre acesta şi factorii de mediu:

climă ⟶ sol ⟶ soluția solului ⟶ microorganisme ⟶ plantă ⟶îngrăşământ

Etapele testării solului sunt următoarele:

a) ridicarea probelor reprezentative şi condiționarea lor;

b) analiza propriu-zisă;

c) interpretarea rezultatelor.

Dacă analiza propriu-zisă se poate efectua de tehnicieni chimişti bine pregătiți şi cu o oarecare experiență de laborator analizele fiind de serie şi metodele de lucru putând să fie cu uşurință însuşite de personalul tehnic calificat, în schimb în etapele de **ridicare a probelor** reprezentative. Interpretarea rezultatelor de face de către specialişti cu experiență în domeniu.

Faza de teren

În etapa de ridicare a probelor este necesară parcurgerea unor faze:

Procurarea hărților de sol la scara 1:5000 sau 1:10000 şi recunoaşterea terenului ce urmează a fi analizat, în vederea împărțirii lui în **unități analitice** cu proprietăți asemănătoare în ce priveşte relieful, roca mamă, vegetația spontană, modul de cultură etc. Delimitarea unităților analitice nu se face folosind hotarele artificiale garduri, perdele de protecție, drumuri, ci numai proprietățile fizico-chimice şi de relief asemănătoare sunt cele care grupează suprafața respectivă într-o unitate analitică.

Mărimea unității analitice diferă astfel:

- pentru culturile de câmp pe teren plan, 10ha
- pentru culturile de câmp pe teren în pantă, 2-5 ha
- pentru păşuni şi fânețe, 5-10 ha
- pentru culturi de câmp pe teren accidentat erodat maxim 1ha
- plantații de pomi şi vie, 0,5-2ha
- culturi de legume, 0,25-2ha
- culturi în spații protejate, 100-2000 m^2

Unitățile analitice, de forme geometrice regulate sau nu, se transpun pe planul topografic.

Proba medie care se ridică de pe fiecare unitate analitică este alcătuită din **15-20 probe parțiale**. Probele se recoltează cu **sonda agrochimică**, se ridică mergând în zig-zag la culturi de câmp, păşuni, fânețe sau între rânduri şi pe rând pentru plantele pomicole şi vie, sau pe proiecția coroanei, în plantațiile pe rod.

Când cultura este irigată recoltarea probelor se face separat pe rigole şi pe coamă.

Adâncimea de recoltare a probelor este 0-20 cm pentru culturile de câmp, păşuni şi fânețe, 20-40 cm şi 40-60 cm pentru plantațiile de vii şi pomi.

Probele recoltate se ambalează în pungi de material plastic sau cutii speciale care poartă fiecare un număr de serie şi ordine, care se înscrie şi pe harta topografică. Probele recoltate se înscriu într-o fişă specială şi se transportă apoi în lăzi de lemn la laborator.

Faza de laborator

Probele aduse în laborator se dezambalează, se numerotează după registrul de magazie apoi se supun analizei.

Probele pentru testarea conținutului în $N\text{-}NO_3^-$ şi forme solubile de fosfor şi potasiu se introduc imediat în lucru. Pentru analiza formelor totale sau potențial asimilabile, probele se condiționează prin uscare la aer în scafe de carton, mojarate şi cernute, apoi se fac determinările analitice şi se obțin rezultatele analizelor de sol.

Interpretarea rezultatelor

Orice metodă de analiză chimică a solului presupune **o etalonare a limitelor de interpretare** (în special pentru P, K) pe baza unor experiențe de lungă durată, făcute în câmp cu diferite plante.

Rezultatele analizelor de sol exprimate în ppm sau mg la 100 g sol se înscriu în buletine de analiză, care se pot interpreta după **indicii agrochimici** etalonați, **grafice, curbe sau suprafețe de răspuns, diagrame**, pe bază de corelații precum şi prin studii de bilanț.

Interpretarea după **indicii agrochimici** foloseşte o serie de rezultate ale etalonării limitelor de aprovizionare, pentru care corespund anumite stări de aprovizionare. Astfel dăm în continuare, ca exemplu, caracterizarea generală a stării de fertilitate a solurilor din țara noastră după conținutul în elemente nutritive uşor accesibile (tabelul 28).

Tabelul 28

Caracterizarea generală a stării de fertilitate a solurilor după conținutul în elemente nutritive uşor accesibile

Starea de fertilitate	Azot (ppm) $NO_3^- + NH_4^+$	Fosfor extract apos (ppm) P_2O_5	Potasiu extract apos (ppm) K_2O
Scăzută	<10	< 10	< 50
Mijlocie	10-30	11-20	50-80
Ridicată	> 30	> 20	> 80

23.4. Controlul stării actuale de fertilitate

Pentru condițiile de producție un interes mărit prezintă cunoaşterea *stării actuale de fertilitate*. Controlul se face de laboratoare de specialitate, care funcționează în cadrul unităților agricole sau chiar de fermier cu ***trusa agrochimică de teren***. Controlul stării de

fertilitate cu trusa acgrochimică este metodă rapidă, uşor de parcurs utizând instrucţiunile, se bazează în principal pe reacţii colorimetrice. Trusa permite determinarea în teren, a pH-ului, precum şi a formelor solubile de N, P, K din sol. Recoltarea se face după metodologia descrisă la testarea chimică a solului, determinările se fac pe probe proaspete (cu umiditatea de câmp), iar interpretarea se face cu ajutorul unor scale colorimetrice. Rezutatele sunt calitative, dar satisfacătoare pentru informare asupra *stării actuale de fertilitate.* Cu trusa agrochimică de teren se pot realiza determinări şi pentru plantele cultivate. In urma testelor calitative efectuate prin analiza părţilor vegetative caracteristice plantei se determină starea de aprovizionare în elemente nutritive.

În tabelul 29 sunt prezentate principalele reacţii de culoare ce pot fi utilizate cu **trusa de teren**. După intensitatea culorii rezultatele ce apar după 5-10 secunde de la aplicare se face aprecierea calitativă şi se iau deciziile corespunzătoare.

Tabelul 29

Principalele reacţii de culoare caracteristice, folosite pentru testarea calitativă a stării de aprovizionare după analiza părţilor vegetative

Elementul nutritiv	Reacţia chimică	Culoarea caracteristică
Azot mineral	-reducerea NO_3^- din seva extrasă în prezenţa acidului sulfanilic şi a naftilaminei	culoare roz de intensitate diferită
	-reacţia cu difenilamină pe secţiuni proaspete în primele 5-10 secunde	galben-albastru intens
Fosforul anorganic	-reducerea acidului fosfomolibdenic cu $SnCl_2$	albastru de intensitate diferită
Potasiu	-reacţia cu dipicrilaminat de magneziu în mediu acid (HCl)	roşu-portocaliu
Magneziu	-reacţia cu galben de titan	roşu-portocaliu
Fier	-reacţia cu sulfocianură de potasiu 10% (KSCN)+1-2 picături de HCl	roşu de intensitate diferită pentru Fe^{3+}
Clor	-reacţia cu $AgNO_3$ la sfârşitul titrării clorului în prezenţa cromatului de potasiu care dă cromat de argint	precipitat roşu
Cupru (Cu^{2+})	-reacţia cu dietil ditiocarbamat	brun auriu
	- reacţia cu ferocianură de potasiu $K_4(Fe(CN)_6)$	roşu-brun în mediu neutru sau acid
Zinc	-reacţia cu ditizonă	roşu-carmin
Cobalt	-reacţia cu R-nitrozo	roşu-purpuriu
Crom	-reacţia cu difenilcarbazidă	roşu violet

23.5. Bazele teoretice şi practice ale cartării agrochimice. Elaborarea planurilor de fertilizare.

Interpretarea cu ajutorul cartogramelor agrochimice

Cartarea agrochimică este o succesiune de operaţii, realizate în teren, laborator şi birou, prin care se determină şi se interpretează indicii fertilităţii solurilor, în condiţiile standardizate de abordare, pentru deciziile de fertilizare în scopul realizării producţiillor scontate şi ameliorarea stării de fertilitate. (după Rusu ş.a., 2005)

Când se efectuează cartarea agrochimică a unui teritoriu, rezultatele analizelor de sol pentru pH, humus, fosfor, potasiu potenţial asimilabil **se înscriu fiecare pe o hartă** a teritoriului cartat, iar după indicii de fertilitate, suprafeţele se colorează diferit după cum terenul este slab, mijlociu sau bine aprovizionat în elementul respectiv.

Analizele de sol corelate cu analizele de plantă au următoarele obiective principale

1. Permit alegerea de către specialist a deciziilor corecte în ceea ce înseamnă fertilizarea plantelor;
2. Oferă informaţiile corecte privitoare la evoluţia stării de fertilitate a unui sol, fertilitate care poate să crească în cazul practicării unor tehnologii adecvate dar poate scădea în cazul în care din sol planta extrage elementele nutritive fără ca omul să restituie cantităţile consumate de aceasta.
3. Elaborarea planurilor de fertilizare ţinând cont de indicii agrochimici ai solului din cartograma sintetică rezultată în urma cartării agrochimice a terenului.

TEST DE EVALUARE

1.Care sunt semnele exterioare care anunță o carență în N a plantei ?

Răspuns:

Carenta în N provoacă îngălbenirea sau clorozarea frunzelor, îngălbenirea apare de obicei pe frunzele de la bază în timp ce frunzele din vărf rămân verzi datorită faptului că acestea primesc azotul prin translocare de la funzele bătrâne, decolorarea începe de la vârful limbului si înaintează sub forma literei **V.** În cazul unei deficiențe severe, frunzele se brunifică şi mor.

2. Care sunt semnele exterioare care anunță o carență în P a plantei ?

Răspuns:

Exerciții.

Exemplu rezolvat:

1. Carența în K la plante se manifestă prin:

a) Albirea marginilor limbului

b) Apariția culorii violacee

c) Decolorarea nervurilor frunzelor

d) Decolorarea în formă de V de la vârful limbului

Rezolvare: a

De rezolvat:

2. Carențele în N, P, K apar întâi pe:

a) Frunzele de la baza plantei

b) Pe frunzele tinere ale plantei

c) În jurul apexului terminal

d) În vârfurile de creştere ale plantei

Rezolvare:

REZUMATUL TEMEI

Controlul stării de fertilitate prin metode agrochimice

Diagnosticul foliar al nutriției după semne exterioare. *Poziția pe plante a frunzelor cu simptome. Culoarea frunzelor.*

23.1.Diagnosticul foliar al nutriției după semne exterioare

23.2. Testarea stării de fertilitate prin analiza chimică a plantei. *Recoltarea probelor vegetale pentru analiză. Testarea chimică a părților vegetative. Interpretarea rezultatelor analizelor chimice ale părților vegetative.*

23.3.Testarea stări de fertilitate prin analiza chimică a solului. *Faza de teren Faza de laborator Interpretarea rezultatelor.*

23.4. Controlul stării actuale de fertilitate. *Principalele reacții de culoare caracteristice, folosite pentru testarea calitativă a stăriide aprovizionare după analiza părților vegetative.*

23.5. Bazele teoretice şi practice ale cartării agrochimice. Elaborarea planurilor de fertilizare.

TEST RECAPITULATIV

	Carența în calciu se manifestă pe:	Frunzele de la bază	a
		Vârfurile de creştere şi la frunzele tinere	b
		Frunzele ramurilor secundare	c
		Vârful apexului principal	d
	Carența în magneziu se manifestă pe:	Frunzele mature de la bază	a
		Vârful apexului principal	b
		Ramificațiile secundare ale plantei	c
		Frunzele tinere ale plantei	d
	Carența în sulf se manifestă prin:	Grăbirea maturării la cereale	a
		Creşterea fixării biologice a azotului	b
		Scăderea sintezei aminoacizilor la cereale	c
		Creşterea numărului de nodozități la leguminoase	d
	Carența în mangan se manifestă prin:	Amăreala fructelor - *bitter pit*	a
		Pete brun închise pe frunzele mature	b
		Necrozarea scoarței pomilor fructiferi	c
		Pătarea galben cenuşie – *grey speck*	d
	Carența în fier se manifestă prin:	Cloroza ferică	a
		Acumularea pigmenților antocian	b
		Ramificarea puternică a rădăcinilor	c
		Bronzarea frunzelor	d
	Carența în zinc duce la:	Acumularea pigmenților antocian	a
		Acumularea zaharurilor	b
		Acumularea fosforului anorganic cu slaba formare de ATD	c
	Carența în bor se manifestă prin:	Prăbuşirea pulpei la mere	a
		Căderea cerealelor	b
		Pătarea galben cenuşie (grey-speck)	c
		Putrezirea inimii sfeclei de zahar	d

STABILIREA DOZELOR DE ÎNGRĂŞĂMINTE

Tema nr. 24

Stabilirea dozelor optime de îngrăşăminte. Metode directe, intermediare şi indirecte de calcul a dozelor.

Unităţi de învaţare:

- Stabilirea dozelor de îngrăşăminte după indicii agrochimici şi bilanţul elementelor nutritive.
- Stabilirea dozelor de îngrăşăminte în raport cu indicii agrochimici, potenţialul genetic şi factorii de mediu.
- Stabilirea dozelor de îngrăşăminte chimice pentru culturi de câmp şi legume în funcţie de indicii agrochimici ai solului.
- Calculul dozelor de îngrăşăminte chimice, la culturile în câmp, necesare pentru ridicarea la un nivel optim al conţinutului de elemente nutritive din sol.
- Calculul dozelor de îngrăşăminte chimice, necesare pentru ridicarea la un nivel optim al conţinutului de elemente nutritive din substrat.
- Stabilirea dozelor de îngrăşăminte organice.
- Evaluarea necesarului de îngrăşăminte organice şi minerale cu NPK pe baza calculării dozelor optime economic (DOE)

Obiectivele temei:

- Stabilirea principalilor indici agrochimici de care trebuie să ţinem cont în calculul dozelor de îngrăşăminte

- Stabilirea formulele de calcul de doze de îngrăşăminte chimice şi organice pentru culturi de câmp în funcţie de factorii care determină recolta, dar si de gradul de aprovizionare a solului în elemente nutritive.

- Prezentarea soluţiilor optime de fertilizare prin aplicarea corectă a formulelor de calcul de doze în vederea stabilirii unui nivel optim al conţinutului în elelmente nutritive în sol şi substrat.

Timpul alocat temei: 2 ore

Bibliografie recomandată:

1. Davidescu D.,Velicica Davidescu, 1981. *Agrochimia modernă*. Ed. Academiei RSR Bucureşti.

2. Madjar Roxana, Velicica Davidescu. *Principii de menținere a fertilității solului.* Ed. INVEL – Multimedia, 2008.
3. Madjar Roxana, 2008. *Agrochimie* – Planta şi solul. Ed. INVEL Multimedia, Bucureşti.
4. Madjar Roxana, Velicica Davidescu, 2009. *Agrochimie.* USAMVB, Facultatea de Horticultură, Învățământ la distanță, Bucureşti
5. Rusu Mihai, Marilena Mărghitaş, Ioan Oroian, Tania Mihăescu, Adelina Dumitraş, *Tratat de Agrochimie,* Ed. Ceres, Bucureşti, 2005.
6. Codul de Bune Practici Agricole, forma revizuită, din noiembrie 2005 prin ordinul nr. 1182 din 22.11.2005 dat de MINISTERUL MEDIULUI ŞI GOSPODĂRIRII APELOR şi prin ordinul nr. 1270 din 30.11.2005 dat de MINISTERUL AGRICULTURII, PĂDURILOR ŞI DEZVOLTĂRII RURALE.

Este greşit să se considere că doar simpla folosire a îngrăşămintelor în cantități mari este echivalentă cu o agricultură intensivă. Aplicarea îngrăşămintelor îşi aduce aportul optim numai în măsura în care sunt încadrate într-un sistem de măsuri tehnologice bine ierarhizate, iar dozele ce se stabilesc sunt în corelație cu planta, solul, factorii climatici, tehnologia de cultură (irigat, neirigat).

Urmărind să asigurăm plantelor elementele nutritive necesare pe toată perioada de vegetație prin sistemul de fertilizare va trebui să se repartizeze îngrăşămintele în raport cu cerințele fiecărei faze de creştere şi dezvoltare, ceea ce presupune aplicarea **diferențiată** în raport cu specia, soiul, hibridul, vârsta, durata perioadei de vegetație, lungimea perioadei de lumină, condițiile de sol etc.

Un alt factor care condiționează sistemul de fertilizare este **mărimea recoltei**, ce se urmăreşte a se realiza la cultura respectivă şi în funcție de aceasta se modifică atât cantitatea cât şi epoca la care se aplică îngrăşămintele.

În condițiile culturilor protejate, dar şi prin aplicărea irigației, sistemul de fertilizare suferă modificări față de aceleaşi specii cultivate în câmp sau neirigate.

Aplicarea îngrăşămintelor în cadrul sistemului de fertilizare vizează următoarele **obiective:**

- **satisfacerea** în fiecare fază de vegetație a elementelor nutritive necesare, ceea ce implică **aplicarea fracționată** a dozelor;

- **repartizarea** astfel încât să ajungă **la nivelul sistemului radicular activ**, corespunzător cu dezvoltarea acestuia pe verticală şi pe orizontală, fapt ce presupune repartizarea îngrăşămintelor la diferite adâncimi;
- **sporirea coeficientului de utilizare al elementelor nutritive** din îngrăşăminte prin utilizarea de produse care nu retrogradează uşor sau nu se levigă, precum şi prin fracţionarea dozelor de îngrăşăminte în cursul perioadei de vegetaţie, de la semănat sau plantat până la fructificare, în raport cu nevoile fiecărei specii, în raport cu fazele critice de nutriţie pentru evitarea carenţei în aceste faze, ştiut fiind că intervenţiile ulterioare nu vor putea remedia scăderea producţiei;
- **îmbunătăţirea regimului aero-hidric** al solului.

Deoarece procesele biologice din plante sunt ireversibile, trebuie **evitate stările de carenţă**, sau cele de **stress**, în perioadele critice, întrucât în acest caz planta îşi reglează creşterea şi dezvoltarea ulterioară după conţinutul **"minim"** în sol al elementului respectiv fără să valorifice întregul potenţial genetic caracteristic speciei, soiului, hibridului.

Valorificarea eficientă a îngrăşămintelor chimice în cadrul unui sistem raţional de fertilizare este posibilă în condiţiile respectării tuturor cerinţelor cerute de tehnologia de cultură. O agrotehnică superioară, aplicată chiar în cazul utilizării unor doze mici de îngrăşăminte permite obţinerea unor sporuri de recoltă deoarece coeficientul de utilizare al îngrăşământului creşte.

În prezent, **procedeele cele mai utilizate** pentru stabilirea dozelor de îngrăşăminte sunt:

Directe

- Rezultatele experienţelor în condiţii de câmp, cu doze şi repetiţii, variabile interpretate statistic prin analiză dispersională sau a varianţei;
- Rezultatele experienţelor în casa de vegetaţie.

Intermediare (relaţii matematice de calcul)

- Suprafeţele de răspuns şi ecuaţiile de regresie ce rezultă din interpretarea unor experienţe în câmp;
- Recolta exprimată în valori relative (%) şi unele însuşiri agrochimice.
- Metoda bilanţului elementelor nutritive;
- Utilizarea indicilor agrochimici etalonaţi în cadrul unor experienţe de lungă durată, corelaţi cu potenţialul genetic, note de bonitare a solului, clasa de fertilitate a culturii,

curbele de consum pentru elementele nutritive, coeficientul de utilizare a îngrăşămintelor;

- Nomograme şi curbe de fertilizare şi de consum ale elementelor nutritive, ce exprimă în mod sintetic corelații dintre recoltă, grad de aprovizionare şi elemete nutritive (prin analize) şi necesarul de îngrăşăminte.

Indirecte:

- Recomandări ale OSPA; ale catedrelor de tehnologia plantelor cultivate; ale organelor de îndrumare a unităților agricole în subordine;
- Fertilizarea la vedere (empirică) - *de rutină*;
- Rețete standardizate, practicate de unii ingineri;
- Analiza solului şi a plantei – testarea stării de fertilitate;
- Cartarea agrochimică a solului;
- Folosirea unor teste de laborator (testul cu secara pentru aprovizionarea solurilor cu P şi K, folosirea microorganismelor în evaluarea conținutului de N din sol).

În urma transpunerii în practică a unora din aceste metode, întrucât nu apar carențe evidente, cei ce le aplică par satisfăcuți. O analiză mai atentă arată însă că după cîțiva ani se constată ori **o fluctuație** a recoltei, ori **o plafonare** a ei, ca urmare a necunoaşterii a ceea ce se întâmplă în sol şi a creării unui dezechilibru nutritiv față de unele elemente.

Pentru stabilirea dozelor optime trebuie să se ia în considerare un **complex de factori** care, în ansamblul lor, constiutie aşa-zisa **strategie a aplicării îngrăşămintelor**.

- Din punct de vedere **tehnic** dozele optime se referă la sporul cantitativ cel mai mare.
- Din punct de vedere **economic** rezultatele se analizează prin prisma venitului net, când pot exista trei posibilități: obținerea unui venit maxim, obținerea unui anumit venit, valoarea sporului de recoltă să acopere cheltuielile făcute.
- Din punct de vedere al consumului de energie, efectul îngrăşămintelor trebuie să se analizeze prin **raportul de bioconversie al energiei investite** în îngrăşământ (J/kg) la energie obținută în sporul de recoltă realizat pe o unitate (kg) de produs vegetal.

24.1.Stabilirea dozelor de îngrăşăminte după indicii agrochimici şi bilanțul elementelor nutritive, varianta Davidescu-Crişan.

Metoda stabilirii dozelor pe bază de **bilanț** al elementelor nutritive a fost evidențiată de D. Davidescu încă din 1956 . Ulterior, Velicica Davidescu (1974) şi Crişan (1975) au

propus un procedeu pentru calculul necesarului de îngrăşăminte pe baza bilanţului elementelor nutritive şi folosirea unor indici agrochimici ai solului.

Bilanţul elementelor nutritve **constă în**:

Aportul de elemente nutritive din mediul natural (atmosferă, sol) şi prin tehnologia de cultură (fertilizat, irigat, amendare).

Îndepărtarea (exportul) elementelor nutritive prin recoltă, levigare, fixare în forme accesibile.

Din **diferenţă** rezultă soldul care poate fi nul, pozitiv sau negativ.

După acest criteriu dozele se stabilesc în principiu, după relaţia:

1a) Doza de îngrăşăminte cu azot (D_N), în kg/ha

$$\mathbf{D_N(kg/ha) = (N_{ex} - N_t) \cdot \frac{100}{C_u}}$$

în care:

N_{ex} -cantitatea de azot ce se îndepărtează odată cu recolta probabilă, în kg/ha;

$$\mathbf{N_{ex} = Y.C_{sp}}$$

Y – productia scontată, t/ha

C_{sp} - consumul specific de azot pe tona de produs principal, kgN/t;

N_t -rezerva totală de N din sol, în kg/ha;

C_u -coeficientul de utilizare a azotului din îngrăşăminte (38-71%).

Rezerva totală de azot care stă la dispoziţia plantelor rezultă din însumarea următoarelor surse:

$$\mathbf{N_t = (N_p+N_b+N_s+N_H+N_r+N_o) - N_l}$$

în care: N_p -azotul provenit din precipitaţii (p) care se calculează atstfel:

$$\mathbf{N_p}(kg/ha) = p.k_p$$

în care: p - cantitatea anuală de precipitaţii, în mm;

k_p - 0,02-0,03, coeficient al conţinutului precipitaţiilor în azot şi de transformare, în kg/ha N.

După Cooke (1974), cantitatea de elemente nutritive ce vin prin precipitaţii sau se levigă cu apele de drenaj natural sunt în medie umătoarele:

Tabelul 30

Cantitatea medie de elemente nutritve rezultate din precipitații şi/sau levigate cu apele de drenaj (după Cooke, 1974)

Elementul	Prin precipitații kg/ha	Spălare din sol kg/ha
N -NH_4^+	10	1,0
N - NO_3^-	7	34
P -PO_4^{3-}	0,3	0,12
K	3	3,6
S	19	102
Cl	39	94
Ca	12	336
Mg	8	14
Na	17	32

N_b - azotul din activitatea bacteriilor nesimbiotice fixatoare. Se calculează astfel:

$$\mathbf{N_b}(kg/ha) = Z.\ k_b$$

Z - numărul de zile cu temperaturi peste 8°C;

k_b - coeficientul de acumulare zilnică 0,2-0,3 kg/ha N;

N_s - azotul din activitatea bacteriilor simbiotice se estimează: 60-80 kg/ha mazăre;65-95 kg/ha fasole; 80-90 kg/ha măzăriche; 100-120 kg/ha soia;

N_H - azotul (kg/ha) provenit din mineralizarea humusului;se calculează astfel:

$$\mathbf{N_H} = \frac{\mathbf{G_s \cdot H}}{100} \cdot \frac{\mathbf{C_N}}{100} \cdot \mathbf{k_H}$$

G_s -greutatea stratului arabil, în kg/ha;

H - conținutul solului în humus, în %;

C_N - conținutul humusului în azot, în %;

k_H - coeficientul de descompunere anuală a humusului[9] se estimează la : 0,012 pentru plante neprăşitoare şi 0,018 pentru plante prăşitoare;

N_r - *azotul rezidual de la cultura plantei premergătoare*, care se calculează astfel:

-15% din azotul preluat cu recolta de planta premegătoare, pentru neleguminoase;

-30% din azotul preluat cu recolta de planta premergătoare, pentru leguminoase;

N_o -*azotul din îngrăşămintele organice*; se calculează astfel:

$$\mathbf{N_o} = D_g.C_{Ng}.k_u$$

[9] Cantitatea de azot ce trece anual în soluția solului prin mineralizare reprezintă în medie 1,2-1,8 % din rezerva totală.

D_g -doza de gunoi de grajd, în t/ha;

C_{Ng} -conținutul în azot al unei tone de gunoi de grajd,în kgN/t gunoi de grajd;

k_u -coeficientul mediu de utilizare al azotului din gunoi:

0,20-0,25 în primul an şi 0,30-0,35 în al doilea an;

N_l -azotul *pierdut prin spălare* (levigare); se estimează la 1-34 kg/ha anual.

1b)Doza de îngrăşăminte cu fosfor (D_P), în kg/ha

$$\mathbf{D_P(kg/ha) = (P_{ex} - P_t) \cdot \frac{100}{C_u}}$$

în care:

P_{ex} -fosforul extras cu recolta (Y), în kg/ha, ce se calculează astfel:

$$\mathbf{P_{ex} = Y.C_{sp}}$$

Y – producție scontată, t/ha

C_{sp} - consumul specific de fosfor pe tona de produs principal;

P_t -rezerva totală de fosfor potențial asimilabil, în kg/ha, ce se calculează astfel:

$$\mathbf{P_t = P_{pac} + P_o}$$

P_{pac} -fosforul potențial asimilabil corectat (kg/ha); se calculează astfel, pornind de la analizele agrochimice:

$$\mathbf{P_{pac} = G_{sa}.P_{AL}.k_P.CA_{pH}.CA_g.10^{-6}}$$

G_{sa} -greutatea stratului arabil, în kg/ha;

P_{AL} -conținutul solului în fosfor (extras cu acetat lactat de amoniu,în ppm);

k_P -coeficientul de asimilabilitate al fosforului din îngrăşăminte;

10^{-6} -coeficient de transformare din ppm în kg;

CA_{pH} -coeficientul de asimilabilitate în raport cu pH-ul;

CA_g -coeficientul de asimilabilitate în raport cu gradul de gleizare al solului.

P_o -fosforul provenit din îngrăşămintele organice, ce se calculează astfel:

$$\mathbf{P_o = D_g.C_{pg}.k_{uP}.CA_{pg}}$$

D_g -doza de gunoi de grajd, în t/ha;

C_{pg} -conținutul în fosfor (P_2O_5) al unei tone de gunoi de grajd, în kg;

k_{uP} -coeficientul mediu de utilizare al fosforuluidin gunoiul de grajd: 0,35 în primul an de aplicare şi 0,30 în al doilea an;

CA_{pg} -coeficientul de asimilare al fosforului din gunoiul de grajd în raport cu gradul de gleizare al solului.

1c)Doza de îngrăşăminte cu potasiu (D_K), în kg/ha

$$\mathbf{D_K\,(kg/ha) = (K_{ex} - \zeta_t) \cdot \frac{100}{C_u}}$$

în care:

K_{ex} -potasiul extras cu recolta (Y), în kg/ha, ce se calculează astfel:

$$\mathbf{K_{ex} = Y.C_{sp}}$$

Y – producția scontată, t/ha

C_{sp} - consumul specific de potasiu pe tona de produs principal, kg/t;

K_t -rezerva totală de potasiu potențial asimilabil, în kg/ha, ce se calculează astfel:

$$\mathbf{K_t = K_{pa} + K_o}$$

K_{pa} -potasiul potențial asimilabil (kg/ha); se calculează astfel, pornind de la analizele agrochimice:

$$\mathbf{K_{pa} = G_{sa}.K_{AL}.10^{-6}}$$

G_{sa} -greutatea stratului arabil, în kg/ha:

K_{AL} -conținutul solului în potasiu (extras cu acetat lactat de amoniu,în ppm);

10^{-6} -coeficient de transformare din ppm în kg;

K_o -potasiu provenit din îngrăşămintele organice, ce se calculează astfel:

$$\mathbf{K_o = D_g.C_{Kg}.k_{uK}}$$

D_g -doza de gunoi de grajd, în t/ha;

C_{Kg} -conținutul în potasiu (K_2O) al unei tone de gunoi de grajd, în kg;

k_{uK} -coeficientul mediu de utilizare al potasiului: 0,65 în primul an de aplicare şi 0,25 în al doilea an;

24.2.Stabilirea dozelor de îngrăşăminte în raport cu indicii agrochimici, potențialul genetic şi factorii de mediu (după David şi Velicica Davidescu, 1978).

Recolta (Y) este o funcție complexă care poate fi reprezentată prin relația :

$Y= f[\ (X/x_1,x_2,x_3,...x_n).(\ Z/z_1,z_2,z_3,...z_n).(\ C/c_1,c_2,c_3,...c_n)]$

în care: X -cantitățile variabile de îngrăşăminte;

$x_1,x_2,x_3...x_n$ -alte elemente nutritive din sol;

$Z,z_1,z_2,z_3,...z_n$ -factorii variabili ce pot fi controlați între anumite limite (tipul de sol, sămânța, tehnologia de cultivare);

$C, c_1,c_2,c_3,...c_n$ -factori variabili ce nu pot fi uşor controlați (condiții meteorologice, temperatura şi umiditatea aerului şi a solului, intensitatea luminoasă, coeficientul de fotosinteză).

Un **procedeu practic** (după D.Davidescu şi Velicica Davidescu) pentru stabilirea dozelor de îngrăşământ, diferențiat în raport cu specia, soiul, sarcinile de producție, tehnologia de cultivare este prin folosirea indicilor agrochimici şi a unor factori de mediu. Precizia calculului este condiționată de stabilirea corectă a valorilor reale ale diferiților parametri luați în calcul. Metoda se pretează atât la calculul făcut în unitate cu ajutorul mijloacelor obişnuite, cât şi la transpunerea în baze de date stocate, când se organizează diferiți parametri în fişiere separate: a) indicii agrochimici ai solului; b) datele climatice; c) caracteristicile plantelor; d) îngrăşămintele cu caracteristicile de bază; e) fişa cu parametrii notei de bonitare; f) fişa tehnologică de cultivare a plantei respective; g) fişa modelelor matematice ce se pretează a fi folosite în raport cu parametrii de care se dispune:

$$\mathbf{Doza, kg/ha} = P_g \cdot B_s \cdot F_e \cdot C_{sp} \cdot \frac{100}{C_u} \cdot H \cdot I \cdot T \cdot \text{[illegible]}$$

în care:

P_g - potențialul genetic de producție al solului sau varietății hibride, în kg/ha (produs principal);

B_s - nota (coeficientul) de bonitare a solului, corespunzătoare plantei cultivate, exprimată subunitar $B_s/100$

F - indicele (clasa de favorabilitate ecologică pentru planta respectivă, exprimat subunitar F/100

C_{sp} - consumul specific în kg (azot, fosfor sau potasiu etc.) pe tona de produs principal + produsele secundare;

C_u - coeficientul de utilizare al îngrăşământului respectiv de către plante, calculat în %, exprimat subunitar;

H - coeficientul de răspândire al rădăcinilor (adâncimea): 0-20=1; 0-30=1,5; 0-40=2;

I - indicele de corectare al dozei în raport cu starea (nivelul) de aprovizionare a solului, pe baza analizei chimice; sau cota procentuală ce trebuie aplicată față de indicii agrochimici ai stării de aprovizionare şi

față de consumul total reieşit din calcul;

T - coeficientul tehnologic; în raport cu dotarea unității se pot aplica tehnologii moderne sau modeste. Valoarea acestui indice este de: 1,1-1,3 pentru tehnologii ridicate; 1 pentru tehnologii normale (bune); 0,6-0,8 pentru tehnologii modeste spre scăzute;

S - indicele de secetă (după Bocz, 1975), modificat, corectează doza dată în timpul vegetației şi se calculează după relația:

$$\mathbf{S} = \frac{t \cdot n}{p} \cdot \left(1 + \frac{u}{100}\right) \cdot K_f$$

în care: t - media temperaturii lunare; n - numărul de ore de insolație; p - suma precipitațiilor lunare; u - media lunară a umidității relative a aerului; K_f - coeficientul de corecție în raport cu însuşirile hidrofizice ale solului.

Tabelul 31

Coeficienții de corecție ai dozelor de îngrăşăminte chimice în raport cu factorii ecologici şi tehnologici

Specificare	Coeficienți de corecție		
	N	P_2O_5	K_2O
Climatul zonei			
Precipitații:			
în perioada toamnă-iarnă-primăvară:			
-umed (peste medie)	1,3	1,0	1,1
-secetos (sub medie)	0,8	1,0	1,0
în perioada primăvară-vară:			
-umed (peste medie)	1,2	1,0	1,5
-secetos (sub medie)	0,7	0,8	0,9
Temperatură:			
în primăvară			
-rece (sub medie)	1,4	1,1	1,0
-caldă şi uscată (peste medie)	0,8	1,2	1,0
în toamnă			
-caldă şi uscată	0,8	1,0	1,0
-caldă şi umedă	1,1	1,0	1,0
Caracteristicile solului			
-bogat în humus	0,6	1,3	1,2
-bogat în P şi K	1,0	0,5	0,5
-conținut scăzut în P şi K	1,0	0,4	1,4
-pH acid	1,2	1,3	1,4
-pH alcalin	1,0	1,0	0,8
Gunoi de grajd			
-în primul an de aplicare	0,7	0,6	0,4
-în anii următori	1,0	0,8	0,6
Sistemul de agricultură			
-irigat	1,3	0,8	1,2
-monocultură	1,3	0,8	1,0
-cerealier	1,4	1,0	1,0
-cerealier şi leguminoase	0,8	1,2	1,0

24.3. Stabilirea dozelor de îngrăşăminte chimice pentru culturi de câmp şi legume în funcție de indicii agrochimici ai solului.

$$\textbf{Doza N, } \mathbf{P_2O_5}\textbf{, } \mathbf{K_2O} \textbf{ kg/ha} = \mathbf{Y} \times \mathbf{C_{SP}} \times \frac{100}{C_U} \times \mathbf{I},$$

în care:

Y = producția scontată, t/ha;

C_{SP} = consum specific de N, P_2O_5, K_2O pe tona de produs principal kgN/t, kg P_2O_5/t, kg K_2O /t; (vezi Compendium agrochimic, V. Davidescu şi D. Davidescu, 1999)

C_U = coeficient de utilizare a N,(50%), P_2O_5,(25%), K_2O(60%) din îngrăşăminte, %;

I = indicele de corecție a dozei funcție de starea de aprovizionare a solului cu N,P,K după analiza solului.

Tabelul 32

Indicii de corecție (I) a dozei de îngrăşăminte

în raport cu caracterizarea agrochimică a solului

Starea de aprovizionare după indicii agrochimici	N	P_2O_5	K_2O
Scăzută	1,2-1,5	1,0-1,2	1,5-1,8
Mijlocie	1,0-1,2	0,7-1,0	1,2-1,5
Bună	0,8-1,0	0,3-0,6	1,0-1,2
Ridicată	0,2	-	0,4
Foarte ridicată	-	-	-

$$\textbf{Aportul elementelor din gunoiul de grajd, kg/ha} = \frac{\mathbf{D_g} \times \mathbf{C_g} \times \mathbf{K_{Ug}}}{\mathbf{100}},$$

în care,

D_g = doza de gunoi de grajd, t/ha;

C_g = conținutul de N,(5kg/t), P_2O_5,(2,5kg/t), K_2O,(6kg/t) din gunoi, kg element/t;

K_{Ug} = coeficient mediu de utilizare a N, P_2O_5, K_2O din gunoi in %

Calculul dozelor corectate cu aportul de N, P_2O_5, K_2O din gunoi care vor trebui aplicate sub formă de îngrăşăminte chimice.

Necesar îngrăşănimte chimice, kg/ha = **Doza N, P_2O_5, K_2O, kg/ha** – **Aportul de elemente din gunoi de grajd, kg/ha**

Calculul dozelor de îngrăşăminte brute:

$$\textbf{Doza de îngrăşământ brut, kg/ha} = \textbf{Doza N, } P_2O_5\textbf{, } K_2O \textbf{ kg/ha} \times \frac{100}{C_{s.a.}},$$

$C_{s.a.}$ = conținut în substanță activă, %.

Calculul necesarului de substanță activă şi de îngrăşăminte brute pentru suprafața cultivată:

$$\textbf{Necesarul, kg} = \textbf{Doza} \times \textbf{Suprafață}$$

$$\textbf{Necesarul N, } P_2O_5\textbf{, } K_2O\textbf{, kg} = \textbf{Doza N, } P_2O_5\textbf{, } K_2O \textbf{ kg/ha} \times \textbf{Suprafață, ha}$$

$$\textbf{Necesarul de îngrăşăminte, kg} = \textbf{Doza îngr., kg/ha} \times \textbf{Suprafață, ha}$$

24.4. Calculul dozelor de îngrăşăminte chimice, la culturile în câmp, necesare pentru ridicarea la un nivel optim al conținutului de elemente nutritive din sol.

$$\textbf{Doza N, } P_2O_5\textbf{, } K_2O \textbf{ kg/ha} = \frac{C_o - R_t}{1000000} \times G_{sa} \times \frac{100}{C_U} \times k,$$

În care: $\mathbf{C_o}$= nivelul sau conținutul optim de elemente nutritive dorit a se realiza în sol prin aplicarea îngrăşămintelor, în ppm N, P_2O_5, K_2O;

$\mathbf{R_t}$ = rezerva totală dată de conținutul inițial de elemente nutritive în forme potențial asimilabile, în ppm N, P_2O_5, K_2O;

1000000 = coeficient de transformare din ppm N, P_2O_5, K_2O (mg/ kg sol) în kg N, P_2O_5, K_2O/ kg sol.

$\mathbf{G_{sa}}$ = greutatea stratului arabil, kg/ha;

$$\mathbf{G_{sa}\ kg/ha} = \mathbf{h} \times \mathbf{G_V} \times \mathbf{100000}$$

100000 = coeficient de transformare greutatea solului în kg/ha

h = adâncimea pe care se doreşte ridicarea conținutului de elemente nutritive din sol, cm;

$\mathbf{G_V}$ = greutatea volumetrică a solului g/cm^3 sau t/m^3 (în medie 1,2);

$\mathbf{G_{sa}}$ = 1 200 000 kg/ha pe adâncimea 0-10 cm

2 400 000 kg/ha pe adâncimea 0-20 cm

3 600 000 kg/ha pe adâncimea 0-30 cm

$\mathbf{C_U}$ = coeficientul de utilizare a elementelor nutritive, în %

K = coeficient de corecție al dozei în funcție de conținutul solului în materie organică, pH, gradul de gleizare, conținutul în argilă,

$$\mathbf{K = k_{mo} \times k_{pH} \times k_g \times k_{ag}.}$$

24.5.Calculul dozelor de îngrăşăminte chimice, necesare pentru ridicarea la un nivel optim al conținutului de elemente nutritive din substrat

$$\textbf{Doza în g (N, } P_2O_5, K_2O\textbf{)/ m}^3 \textbf{ substrat} = (C_o - R_t) \cdot G_v \cdot F_c \cdot 0{,}001$$

În care,

$\mathbf{C_o}$ = conținutul optim de elemente nutritive dorit a se realiza în substrat, ppm (N, P_2O_5, K_2O);

$\mathbf{R_t}$ = rezerva totală de elemente nutritive în substrat în forme solubile în apă, ppm (N, P_2O_5, K_2O);

$\mathbf{G_v}$ = greutatea volumetrică a substratului, kg/m^3;

0,001 = coeficient de transformare din ppm (mg/kg substrat) N, P_2O_5, K_2O în g/m^3 substrat;

$\mathbf{F_c}$ = factor de corecție a dozei în raport cu coeficientul de utilizare a N, P_2O_5, K_2O din îngrăşămintele folosite pentru creşterea conținutului substratului cu 1 ppm, care are următoarele valori:

$\mathbf{F_c}$ pentru azot este 1,3, pentru potasiu de 1,67, iar pentru fosfor este în funcție de doza de N aplicată, conform tabelului:

Doza gN/m^3	25	50	100	150	200	250	300
$\mathbf{F_c}$ pentru fosfor	3,05	2,36	1,86	1,74	1,68	1,65	1,63

24.6. Stabilirea dozelor de îngrăşăminte organice

În stabilirea dozelor de îngrăşăminte organice se ține cont de conținutul solului în humus şi de gradul de saturație în baze prin calculul indicelui de azot (I_N), de conținutul în argilă, de conținutul în azot total al solului (Borlan şi Hera, 1980-1982 citați de Rusu M., ş.a., 2005).

Pentru culturile agricole, plantații viticole şi pomicole, fertilizarea organică a solurilor se face după formula de calcul a dozelor de gunoi de grajd semifermentat, cu 24% s.u.; 0,4% N, 0,25% P_2O_5 şi 0,5% K_2O. (după Borlan şi Hera, 1980 citați de Rusu M., ș.a., 2005)

$$\mathbf{D_{INO}, t/ha} = \left(\mathbf{a} + \frac{\mathbf{b}}{\mathbf{IN}}\right) \times \left(\mathbf{c} - \frac{\mathbf{d}}{\mathbf{A_g}}\right) \times \left(\frac{\mathbf{e}}{\mathbf{N_g}}\right)$$

Unde,

D_{INO} = **D**oza de **I**ngrăşământ **N**atural **O**rganic, t/ha

a, b, c, d parametrii experimentali cu următoarele valori:

a = 15, pentru culturile de camp şi plantațiile pomicole; 20 pentru legumele de camp şi vița de vie;

b = 30, pentru culturile agricole şi legumele de câmp; 40 la plantațiile viticole; 50 la plantațiile pomicole;

c = 1,35 pentru toate culturile;

d = 8 pentru toate culturile;

IN = indicele de azot al solului= (% humus x V%)/100;

A_g = conținutul de argilă al solului (%);

e = conținutul mediu standard de azot total (%N_t) al îngrăşământului natural organic =0,45% din masa umedă (corespunzător gunoiului de grajd semifermentat cu aşternut de paie de la rumegătoare mari);

N_g = conținut de N total al îngrăşământului natural organic, % din masa umedă;

Aportul de elementelor nutritive din gunoiul de grajd prin aplicarea acestuia trebuie scăzut din doza de îngrasaminte minerale calculată în cazul fertilizării organo-minerale în primul an de aplicare dar şi pentru anul doi şi trei de la aplicare din doza calculate prin fertilizare minerală cu N, P şi K.

$$\mathbf{A_{INO}kgN, P_2O_5, K_2O / ha} = \mathbf{DINO} \cdot \mathbf{C} \cdot 10 \cdot \left(\mathbf{a} + \frac{\mathbf{b}}{\mathbf{t}}\right)$$

A_{INO} = **A**portul de N, P_2O_5, K_2O, din **Î**ngrăşământul **N**atural **O**rganic (**INO**), kg/ha;

D_{INO} = **D**oza de **I**ngrăşământ **N**atural **O**rganic, t/ha;

C = conținutul total de N, P_2O_5, K_2O din îngrăşământul natural organic, %

t = timpul, în ani, care a trecut de la aplicarea îngrăşămintelor naturale organice (în anul aplicării t = 1);

a si b - coeficienți care au urmatoarele valori: a = 0,06 pentru N şi P, 0 pentru K; b=0,27 pentru N, 0,25 pentru P şi 0,5 pentru K.

Tabelul 33

Aportul mediu de N, P_2O_5 şi K_2O în forme asimilabile, kg/ha, în funcție de cantitatea de gunoi de grajd aplicată

(după Borlan, Hera ş.a., 1982 citați de Rusu M., ş.a., 2005)

Cantitatea de gunoi de grajd aplicată, t/ha	Anul aplicării	Aportul de N, kg/ha				
		Conținutul de N în % din masa umedă a gunoiului de grajd				
		0,20	*0,40*	*0,60*	*0,80*	*1,00*
10	1	6,6	13,2	19,8	26,4	33,0
	2	3,9	7,8	15,6	15,6	19,5
	3	3,0	6,0	9,0	12,0	15,0
20	1	13,2	26,4	39,6	52,8	66,0
	2	7,8	25,6	23,4	31,2	39,2
	3	6,0	12,0	18,0	21,0	30,0
30	1	19,8	39,6	59,5	79,3	99,0
	2	11,8	23,4	35,1	46,8	58,5
	3	9,0	18,0	27,0	36,0	45,0
40	1	26,4	52,8	79,2	105,5	132,0
	2	15,6	31,2	46,8	62,5	78,0
	3	12,0	24,0	36,0	48,0	60,0
Cantitatea de gunoi de grajd aplicată, t/ha	Anul aplicării	Aportul de P_2O_5, kg/ha				
		Conținutul de P_2O_5 în % din masa umedă a gunoiului de grajd				
		0,10	*0,20*	*0,40*	*0,60*	*0,80*
10	1	3,1	6,2	12,4	18,6	24,8
	2	1,9	3,8	7,6	11,4	15,2
	3	1,5	3,0	6,0	9,0	12,0
20	1	6,2	12,4	24,8	37,2	49,6
	2	3,8	7,6	15,2	22,8	30,4
	3	3,0	6,0	12,0	18,0	24,0
30	1	9,3	18,6	37,2	55,8	74,4
	2	5,7	11,4	22,8	34,2	45,6
	3	4,5	9,0	18,0	27,0	36,0
40	1	12,4	24,8	49,6	74,4	99,2
	2	7,6	15,2	30,4	45,6	60,8
	3	6,0	12,0	24,0	36,0	48,0
Cantitatea de gunoi de grajd aplicată, t/ha	Anul aplicării	Aportul de K_2O, kg/ha				
		Conținutul de K_2O în % din masa umedă a gunoiului de grajd				
		0,10	*0,20*	*0,40*	*0,60*	*0,80*
10	1	10,0	20,0	30,0	40,0	50,0
	2	5,0	10,0	15,0	20,0	25,0
	3	3,3	6,7	10,0	13,3	16,6
20	1	20,0	40,0	60,0	80,0	100,0
	2	10,0	20,0	30,0	40,0	50,0
	3	6,6	13,4	20,0	26,6	33,2
30	1	30,0	60,0	90,0	120,0	150,0
	2	15,0	30,0	45,0	60,0	75,0
	3	9,9	20,1	30,0	39,9	49,8
40	1	40,0	80,0	120,0	160,0	200,0
	2	20,0	40,0	60,0	80,0	100,0
	3	13,2	26,8	40,0	53,2	66,4

24.7. Evaluarea necesarului de îngrăşăminte organice şi minerale cu NPK pe baza calculării dozelor optime economic (DOE)[10]

Prezentarea acestei metodei este reprodusă integral din Codul de Bune Practici Agricole, forma revizuită, din noiembrie 2005 prin ordinul nr. 1182 din 22.11.2005 dat de MINISTERUL MEDIULUI ŞI GOSPODĂRIRII APELOR şi prin ordinul nr. 1270 din 30.11.2005 dat de MINISTERUL AGRICULTURII, PĂDURILOR ŞI DEZVOLTĂRII RURALE.

Este metoda oficializată în România şi utilizată în mod curent în cadrul studiilor agrochimie executate pentru diferiţi beneficiari de către Oficiile de Studii Pedologice şi Agrochimice judeţene, fiind transpusă pe programe de calculator şi respectiv în tabele şi nomograme.

La stabilirea lor s-a avut în vedere:

- reacţia culturilor la fertilizarea în experienţe de câmp;
- mărimea recoltei scontate;
- starea de asigurare cu substanţe nutritive a solului, stabilită prin analiza agrochimică periodică a acestuia;
- aporturile de substanţe nutritive utilizabile din îngrăşăminte organice, de la culturile leguminoase premergătoare, iar culturile de toamnă şi de aportul de azot mineral din profilul de sol (Nmin);
- conjunctura economică în care se desfăşoară activitatea din producţia vegetală, dată de raportul dintre preţul de vânzare al produsului şi costul de procurare al îngrăşământului.

Concepţia care stă la baza acestei normări este aceea că necesarul de nutrienţi al culturilor trebuie asigurat în primul rând pe seama rezervelor accesibile din sol, din îngrăşăminte naturale produse în unitate sau procurate şi din toate reziduurile organice din fermă cu valoare fertilizantă, care nu pot fi valorificate în alt mod şi care pot fi aplicate în condiţii economice şi fără riscuri de poluare a mediului. În completarea acestora, până la doza optimă stabilită, se pot folosi îngrăşăminte produse industrial, în sortimente armonizate cu însuşirile solului şi cu exigenţele culturilor.

Pentru stabilirea Dozelor optime economic (DOE) de îngrăşăminte minerale cu N, P şi K (exprimate în kg/ha N, P_2O_5, K_2O) se stabileşte necesarul optim al culturii (NOT) pentru

[10] Textul este integral preluat din Codul de Bune Practici Agricole, noiembrie 2005.

fiecare nutrient din care se scad aporturile eficiente de N, P sau K din alte surse, conform următoarelor relații:

$DOE\ N = NOT\ N - (N_s + N_{în} + N_L + N_{sn} + N_{min})$ (1)

$DOE\ P = NOT\ P - (P_s + P_{în} + P_{sn})$ (2)

$DOE\ K = NOT\ K - (K_s + K_{în} + K_{sn})$ (3)

în care:

- *NOT N, NOT P, NOT K* reprezintă necesarul optim total de N, P, K (exprimat în kg/ha N, P_2O_5, K_2O);
- N_s, P_s, K_s, reprezintă aporturile eficiente de N, P, K din sol (exprimate în kg/ha N, P_2O_5, K_2O),
- $N_{în}$, $P_{în}$, $K_{în}$, reprezintă aporturile eficiente de N, P, K din îngrăşământul natural (exprimate în kg/ha N, P_2O_5, K_2O),
- N_{sn}, P_{sn}, K_{sn}, reprezintă aporturile eficiente de N,P,K din surse neconvenționale (exprimate în kg/ha N, P_2O_5, K_2O),
- N_L aportul de azot eficient din sol după premergătoare leguminoase (exprimat în kg/ha N);
- N_{min}, aportul de azot mineral din profilul solului la sfârşitul iernii (exprimat în kg/ha N).

Elementele care intră în ecuațiile de calcul se cuantifică după relațiile matematice prezentate în continuare.

NOT de N, P şi K se calculează cu următoarele formule: (4) - pentru culturi de câmp şi (5) pentru culturi horticole şi unele culturi de câmp

$$NOT(N, P_2O_5, K_2O, kg/ha) = \frac{\lg(2{,}3 * C_e * R_s * \frac{VUR_p + \cdot * VUR_s}{CUI})}{C_e} \quad (4)$$

$$NOT(N, P_2O_5, K_2O, kg/ha) = 4(1 - 0^{-\cdot_e * R_s}) \quad (5)$$

În aceste formule simbolurile au următoarele semnificații:

C_e -coeficientul de acțiune al elementelor nutritive (C_a pentru azot, C_f pentru fosfor şi C_p pentru potasiu);

R_s - recolta scontată (se stabileşte pe baza notei de bonitare pentru condiții naturale şi potențate pentru condițiile concrete la nivel de parcelă;

VUR_p - valoarea unității de recoltă principală (p) şi secundară (s);

CUI - costul unitar al substanțelor active din îngrăşăminte.

Aporturile eficiente de substanțe nutritive din sol E_s respectiv N_s, P_s, K_s din (1), (2) şi (3) (definite ca acele cantități de nutrienți din sol care au o eficiență comparabilă în fertilizarea culturilor cu cea a îngrăşămintelor minerale) se stabilesc cu relația:

$$Es\ (N, P_2O_5, K_2O, kg/ha/an) = Es_{\max}(1 - 0^{e*IA}) + \left[* \frac{VUR}{CUI} - \left(\frac{VUR}{CUI} \right) - \right] * d * Rs \qquad (6)$$

în care:

- Es_{max}, *d*, *e*, sunt parametrii care se stabilesc pentru fiecare cultură, prezentați de autori sub formă tabelară, pentru majoritatea culturilor din țara noastră;
- expresia din paranteza dreaptă este un factor de corecție pentru conjunctura economică;
- *IA* este valoarea indicelui agrochimic (IN - indicele de azot, P_{AL}- conținutul de fosfor mobil, K_{AL} - conținutul de potasiu mobil)
- *Rs* are semnifcația prezentată mai sus (5)

Pentru legume cultivate în câmp, Es se calculează cu relația (Vintilă Irina şi colab., 1884):

$$Es(N, P_2O_{5,} K_2O, kg/ha) = \frac{a * IA(1 - 10^{- \ '*Rs})}{b * IA + \ :} \qquad (7)$$

în care: IA este valoarea indicelui agrochimic (IN - indicele de azot, P_{AL}- conținutul de fosfor mobil, K_{AL} - conținutul de potasiu mobil, a, b, c, d, fiind coeficienți stabiliți experimental şi prezentați tabelar pentru fiecare cultură de legume.

Aportul eficient de nutrienți din îngrăşăminte naturale, notat generic cu $A_{în,}$ şi reprezentând $N_{în}$, $P_{în}$, $K_{în}$, din expresiile (1), (2) şi (3), pentru anul agricol în curs se stabileşte din relația:

$$A_{in}, kg\ N, P_2O_5\ şi\ K_2O/ha = NIN * C * 10 * \left(a + \frac{b}{t} \right) \qquad (8)$$

în care:

NIN_t - norma (doza) de îngrăşământ natural aplicată, în t/ha

C - conținutul total de N, P_2O_5 sau K_2O din îngrăşământul natural, în %;

t - timpul, în ani, care a trecut de la aplicarea îngrăşământului natural (în anul aplicării t = 1)

a şi *b* - coeficienţi care au următoarele valori: a = 0,06 pentru N şi P; a = 0 pentru K; b=0,27 pentru N, 0,25 pentru P şi 0,5 pentru K

Norma (doza) de îngrăşământ natural NIN din formula (6) se stabileşte diferenţiat pentru cea aplicată periodic faţă de cea aplicată anual, după cum urmează:

Norma periodică (3-4 ani) de îngrăşământ natural -NINp se calculează cu relaţia:

$$NINp, t/an, 3-4 ani = \left(a + \frac{a}{IN}\right)\left(\frac{Rs}{b}\right)\left(c - \frac{d}{A}\right)\left(\frac{e}{N_t}\right) \qquad (9)$$

în care:

IN - indicele de azot calculat cu relaţia IN=(humus x V_{AH})/100

Rs - recolta scontată, t/ha;

A - conţinutul de argilă cu diametrul particulelor sub 0,002 mm, %;

N_t - conţinutul de azot total al îngrăşământului natural, % din masa umedă;

a, b, e - coeficienţi de regresie specifici fiecărei culturi, prezentaţi tabelar de autori;

d = 8;

e - conţinutul mediu standard al îngrăşământului organic, 0,45 % din masa umedă (corespunzător gunoiului de grajd semifermentat cu aşternut de paie de la rumegătoare mari)

Norma anuală, NINa (derivată din necesitatea de împrăştiere pe terenurile din preajma unor crescătorii de animale cu efective mai importante):

$$NINa, t/ha = \frac{DOEN - \left(N^{s}_{\min} * c\right)}{3{,}3N^{in}_{o} + 0N^{in}_{\min}} \qquad (10)$$

în care:

$N^{s}_{\min}$ - conţinutul de azot mineral pe profilul de sol, kg/ha

N^{in}_{o} - conţinutul de azot organic fin îngrăşământul natural (se calculează ca diferenţă între azotul total din îngrăşământ şi azotul mineral din îngrăşământ, %

$N^{in}_{\min}$ - conţinutul de azot mineral (amoniacal şi nitric) din îngrăşământ,%

N_L - aportul eficient de azot din sol lăsat în sol de premergătoare leguminoase, care depinde de gradul de reuşită al culturii, reflectat de nivelul recoltei principale pe toată perioada de timp în care aceasta a ocupat terenul, se poate estima cu relaţia (Borlan ş.a., 1994. Budoi, 2001):

$$N_L, \text{kg N/ha} = R_l * N_{spl} * \left(\frac{0,8}{t}\right) - 0,15$$

în care:

R_l - recolta principală obținută la leguminoasa premergătoare, kg/ha, (pentru leguminoase perene este recolta însumată pe toți anii de exploatare;

N_{slp} - cantitatea specifică de azot fixat biologic de premergătoarea leguminoasă şi rămas în sol, în kg N/tona de produs principal, având următoarele valori: 20 la soia, 35 la fasole, 25 la mazăre, 6 la fân de lucernă şi trifoi, 3 la borceag de toamnă, 2 la borceag de primăvară;

t - timpul, în ani, trecut de la prima arătură făcută după culturile leguminoase.

N_{min}, azotul mineral (amoniacal şi nitric), existent în profilul solului la ieşirea din iarnă, se determină de regulă pe o grosime a solului de 90 cm. În funcție de reuşita culturii premergătore şi a condițiilor climatice de la sfârşitul toamnei până la intrarea în primăvară, în sol se pot acumula cantități importante, de ordinul zecilor de kg, de azot mineral, care pot fi folosite eficient de cultura mai ales de culturile de toamnă. Se determină, la cerere, prin analiză chimică de către laboratoarele specializate ale OSPA județene. Această corecție se aplică facultativ, numai în situațiile în care se dispune de informația necesară.

Corecțiile pentru aporturile eficiente de N, P_2O_5 şi K_2O din surse neconvenționale (reziduuri şi subproduse industriale, cum este de ex. carbonatul de calciu rezidual din industria îngrăşămintelor care poate aduce în sol, în cazul amendării solurilor acide, cantități de azot de până la 300 kg/ha, în funcție de doza de amendament, anulând uneori necesitatea fertilizării cu azot în primul an de la aplicarea amendamentului).

Tabelul 34

Dozele optime economice (DOE de N, P_2O_5, K_2O) la câteva plante de cultură în funcție de indicii agrochimici ai solului (I_N, P_{AL}, K_{AL}) şi nivelul recoltelor scontate (Rs)

(după ICPA, metodologia oficială din România)

Cultura	Rs kg/ha	DOE N				DOE P_2O_5					DOE K_2O			
		I_N				P_{AL}, ppm					K_{AL}, ppm			
		0,5	2,0	3,0	4,0	5,0	10,0	20,0	40,0	60,0	60,0	100,0	140,0	200,0
Grâu de toamnă	3000	121	93	81	73	96	75	44	11	-	63	32	10	-
	4000	143	116	103	96	121	101	70	36	21	90	59	37	15
	5000	161	134	121	114	142	121	90	57	42	112	81	59	37
Orz de toamnă	3000	102	75	62	55	81	62	35	6	-	55	23	2	-
	5000	138	111	98	91	128	109	82	53	40	106	74	53	36
Porumb boabe	3000	92	56	40	28	59	46	25	-	-	68	34	-	-
	5000	143	107	88	79	95	82	61	35	21	121	70	54	14
Soia boabe	2000	79	29	10	-	101	71	34	5	-	68	34	13	-
	3000	105	55	36	23	140	110	73	44	41	103	70	49	29
Floarea soarelui	2000	121	72	59	53	96	84	61	23	-	71	46	27	5
	3000	148	100	87	81	140	127	105	67	37	108	83	64	43
Sfeclă de zahar	30000	165	125	106	93	82	75	67	59	56	92	64	46	36
	40000	203	165	145	131	105	98	90	82	79	119	90	73	60
Cartof de toamnă	20000	197	141	116	101	142	117	81	42	23	88	50	25	-
	30000	239	182	157	142	180	155	119	80	63	132	94	65	41
Măr - Păr	10000	90	70	68	65	122	111	85	53	35	161	143	133	121
	18000	122	100	97	95	152	142	109	68	44	216	191	177	161
Struguri - vin	8000	126	105	94	91	179	155	119	74	48	176	156	145	134
	12000	152	127	114	110	217	188	144	90	52	213	180	175	162

TEST DE EVALUARE

1. Care sunt semnificațiile agrochimice ale următoarei formule de calcul de doze?

$$\textbf{Doza N, } \mathbf{P_2O_5}\textbf{, } \mathbf{K_2O} \textbf{ kg/ha} = Y \times C_{SP} \times \frac{100}{C_U} \times I,$$

Răspuns:

Stabilirea dozelor de îngrăşăminte chimice pentru culturi de câmp şi legume în funcție de indicii agrochimici ai solului are ca expresie formula matematică de mai sus, pentru care semnificație mărimilor este: Y = producția scontată, t/ha; C_{SP} = consum specific de N, P_2O_5, K_2O pe tona de produs principal kgN/t, kg P_2O_5/t, kg K_2O /t (vezi Compendium agrochimic, V. Davidescu şi D. Davidescu, 1999); C_U = coeficient de utilizare a N (50%), P_2O_5 (25%), K_2O (60%) din îngrăşăminte, %; I = indicele de corecție a dozei funcție de starea de aprovizionare a solului cu N, P, K după analiza solului.

2. Care sunt semnificațiile agrochimice ale următoarei formule de calcul de doze?

$$\textbf{Doza N, } \mathbf{P_2O_5}\textbf{, } \mathbf{K_2O} \textbf{ kg/ha} = \frac{C_o - C_t}{1000000} \times V_{sa} \times \frac{100}{C_U} \times K,$$

Răspuns:

Exerciții.

Exemplu rezolvat:

1. Coeficientul mediu de utilizare al azotului din îngrăşăminte chimice este:

a) 12- 25%

b) 25-40%

c) 40-70%

d) 5-10%

Rezolvare: c

De rezolvat:

2. Coeficientul mediu de utilizare al potasiului din îngrăşăminte chimice este:

a) 55-65%

b) 75-90%

c) 12-20%

d) 5-10%

Rezolvare:

REZUMATUL TEMEI

STABILIREA DOZELOR OPTIME DE ÎNGRĂŞĂMINTE. METODE DIRECTE, INTERMEDIARE ŞI INDIRECTE DE CALCUL A DOZELOR

24.1.Stabilirea dozelor de îngrăşăminte după indicii agrochimici şi bilanțul elementelor nutritive

24.2.Stabilirea dozelor de îngrăşăminte în raport cu indicii agrochimici, potențialul genetic şi factorii de mediu

24.3. Stabilirea dozelor de îngrăşăminte chimice pentru culturi de câmp şi legume în funcție de indicii agrochimici ai solului

24.4. Calculul dozelor de îngrăşăminte chimice, la culturile în câmp, necesare pentru ridicarea la un nivel optim al conținutului de elemente nutritive din sol

24.5.Calculul dozelor de îngrăşăminte chimice, necesare pentru ridicarea la un nivel optim al conținutului de elemente nutritive din substrat

24.6. Stabilirea dozelor de îngrăşăminte organice

24.7. Evaluarea necesarului de îngrăşăminte organice şi minerale cu NPK pe baza calculării dozelor optime economic (DOE)

SISTEMUL DE FERTILIZAREA

Tema nr. 25

Principiile de bază ale sistemului de fertilizare

Unităţi de învaţare:

- Obiectivele sistemului de fertilizare
- Factorii de care se ţine seama în alcătuirea unui sistem de fertilizare
- Metodele şi epocile de aplicare a îngrăşămintelor
- Particularităţile sistemului de fertilizare în condiţii de irigare
- Eficienţa îngrăşămintelor pentru plantele cultivate în asolament

Obiectivele temei:

- Stabilirea principiilor de bază ale sistemului de fertilizare prin enunţarea obiectivele sistemului de fertilizare şi a factorii de care se ţine seama în alcătuirea unui sistem, care sunt metodele şi epocile de aplicare a îngrăşămintelor.
- Identificarea particularităţilor privind sistemul de fertilizare în condiţii de irigare.

Timpul alocat temei: 2 ore

Bibliografie recomandată:

1. Davidescu D.,Velicica Davidescu, 1981. *Agrochimia modernă*. Ed. Academiei RSR Bucureşti.
2. Madjar Roxana, Velicica Davidescu. *Principii de menţinere a fertilităţii solului.* Ed. INVEL – Multimedia, 2008.
3. Madjar Roxana, 2008. *Agrochimie* – Planta şi solul. Ed. INVEL Multimedia, Bucureşti.
4. Madjar Roxana, Velicica Davidescu, 2009. *Agrochimie.* USAMVB, Facultatea de Horticultură, Învăţământ la distanţă, Bucureşti.
5. Rusu Mihai, Marilena Mărghitaş, Ioan Oroian, Tania Mihăescu, Adelina Dumitraş, *Tratat de Agrochimie,* Ed. Ceres, Bucureşti, 2005.

25.1.Obiectivele sistemului de fertilizare

Culturile agricole practicate în țara noastră cuprind peste 40 specii de plante pentru culturi de câmp (cereale, leguminoase pentru boabe, plante uleioase, plante textile, tuberculifere, rădăcinoase, tutun, hamei), 40 specii de plante medicinale aparținând la 15 familii botanice, 20 specii de plante furajere (graminee şi leguminoase), 50 specii aparținând la 15 familii botanice de plante legumicole, 11 specii pomicole (măr, păr, gutui, prun, cais,migdal, piersic, cireş, vişin, nuc, castan) 4 specii de arbuşti fructiferi (agriş, coacăz negru, coacăz roşu, zmeur), vită de vie, (30 soiuri), şi pese 30 specii de plante ornamentale pentru grădini, parcuri şi de apartament.

Din punct de vedere filogenetic, aceste aproape 200 de specii de plante agricole, s-au format şi au evoluat în diferite areale geografice, ceea ce explică şi cerințele lor diferite, înscrise în codul genetic, față de factorii de mediu (lumina, temperatura, apa, sol, pH) inclusiv față de factorii de nutriție şi respectiv, față de îngrăşăminte.

Pentru ca aceste plante să atingă potențialul genetic de producție, trebuie să se coreleze particularitățile biologice cu factorii de mediu şi cei de nutriție, ținând seama de diferitele faze ale ontogenezei, când se programează organele ce constituie viitoarea recoltă comercială.

Stabilirea unui sistem corect de fertilizare este dificilă şi pentru faptul că planta este expusă simultan influenței mai multor factori de vegetație, iar în plantă se petrec concomitent numeroase procese biochimice care se intercondiționează.

Cu toată plasticitatea[11] unor soiuri (hibrizi) de a reuşi să vegeteze în diferite areale geografice, producții optime comparativ cu cele ale locului unde au fost create, se obțin numai acolo unde condițiile ecologice corespund cu ceea ce este înscris în codul genetic al soiului (hibridului) de la locul staționarului de origine.

Dozele de îngrăşăminte şi metodele de aplicare se stabilesc în raport cu biologia plantei (specie, soi, hibrid, potențial genetic de producție), tehnologia de cultivare (irigat, neirigat, erbicidat, una sau două arături), condițiile de sol şi indicii agrochimici, unii factori restrictivi (seceta, pH, salinitate).

Sistemul de fertilizare cuprinde ordinea în care se aplică anual îngrăşămintele la plantele care se încadrează într-o rotație completă şi se cultiva în cadrul unui asolament sau în afara

[11] Plasticitatea, reprezintă modul în care (soiul, hibridul) reuşeşte să se adapteze condițiilor ecologice locale, comparativ cu cele ale locului de origine, astfel ca să se obțină o recoltă comerciabilă comparabilă.

asolamentului, reprezintă îngrăşămintele organice şi minerale în raport cu particularităţile biologice al fiecărei plante, în raport cu însuşirile solului, în raport cu măsurile agrotehnice şi condiţiile economice asfel încât să rezulte dozele de îngrăşăminte, epocile şi metodele de administrare, precum şi sortimentul de îngrăşăminte aplicate. (Davidescu D., Davidescu V., 1981).

Principale obiective ale unui sistem de fertilizare sunt:

1. Reînnoirea rezervei de elemente nutritive din sol extrase cu recolta; realizarea unui raport echilibrat între elemente, modificat în funcţie de specie.
2. Aprovizionarea microflorei cu material energetic (microrganismele consumă materia organică, plantele nu pot să o valorifice, se impune administrarea îngrăşămintelor organice).
3. Reglarea compoziţiei ionice a solului şi corectarea pH-ului în raport cu cerinţele plantelor

25.2.Factorii de care se ţine seama în alcătuirea unui sistem de fertilizare sunt:

1. Însuşirile hidrofizice şi chimice ale solului;
2. Caracteristicile nutriţiei plantelor în raport cu vârsta plantelor, specia, fazele de vegetaţie, volumul recoltei; plante cultivate în asolament sau în afara asolamentului;
3. Clasa de favorabilitate pentru o anumită cultură (zonarea culturilor);
4. Particularităţile tehnologie de cultivare (cu irigare, fără irigare);
5. Condiţiile cunoscute la stabilirea dozelor de îngrăşăminte; controlul agrochimic sol-plantă;
6. Măsuri organizatorice şi economice legate de folosirea, aplicarea, depozitarea îngrăşămintelor.

25.3.Metodele şi epocile de aplicare a îngrăşămintelor

Se stabileşte o schemă de fertilizare sau planul anual de aplicare a îngrăşămintelor. Din planul de fertilizare rezultă: metodele de aplicare şi epocile de aplicare a îngrăşămintelor

Un mare rol în sporirea eficienţei îngrăşămintelor îl au metodele şi epoca de aplicare. În principiu trebuie urmărit ca substanţele nutritive să se afle cât mai mult timp în zona rădăcinilor active ale plantelor. Pentru cunoaşterea condiţiilor de nutriţie ale plantelor este indicat să se

determine dinamica azotului, fosforului şi potasiului în cursul perioadei de vegetație (în sol şi în plantă) pentru o intervenție în timp util cu doze de întreținere.

Trebuie să se aibă în vedere că adâncimea de pătrundere a rădăcinilor plantelor şi raza până la care se răspândesc diferă de la specie la specie, soi şi hibrid.

După epoca de aplicare a îngrăşămintelor se disting trei metode principale:

- fertilizarea *înainte* de semănat (plantat), numită şi fertilizareade bază;
- fertilizarea *odată* cu semănatul (plantatul);
- fertilizarea *în timpul* vegetației.

Fertilizarea înainte de semănat se îmbină cu sistemul de lucrare a solului. Odată cu arătura adâncă, sub brazdă, se încorporează cea mai mare parte (de bază) din doza de îngrăşăminte fosfatice, potasice şi cu azot amoniacal. O parte din îngrăşăminte pot fi încorporate şi cu lucrările dinaintea semănatului (sub cultivator, disc). În acest caz se folosesc îngrăşăminte uşor solubile care să fie utilizate de plante la începutul pornirii în vegetație.

Fertilizarea odată cu semănatul sau plantatul. Pentru plantele care se seamănă în rânduri sau în cuiburi, îngrăşămintele se aplică cu semănători speciale, care lasă pe acelaşi rând cu sămânța sau la cuib, atât semințele, cât şi îngrăşămintele. Se aplică o cantitate de 1/3-1/4 din doza anuală de îngrăşăminte chimice. Se mai poate aplica în benzi paralele cu rândurile semănate, astfel se obține creşterea coeficientului de utilizare a îngrăşământului. Aplicarea îngrăşămintelor asigură nutriția plantelor pe o perioadă de 20-30 zile de la răsărire. Se folosesc în special îngrăşămintele cu fosfor şi mai puțin cele cu azot sau potasiu, care fiind foarte solubile pot să concentreze prea mult soluția solului. Pentru a stabili corect doza care nu este dăunătoare este necesar să se calculeze efectul asupra concentrației soluției solului.

Fertilizarea în timpul vegetației, cunoscută şi sub numele de *fertilizarea suplimentară*, are ca scop să completeze nevoile plantelor în elemente nutritive în anumite perioade critice ale nutriției acestora.

Aplicarea îngrăşămintelor se poate face în stare uscată sau în soluții. Răspândirea îngrăşămintelor se poate face la suprafața solului, cu sau fără încorporarea ulterioară, sau se pot întroduce în sol printre rânduri cu maşini speciale (cultivator- hrănitor).

Soluțiile nutritive ca şi îngrăşămintele pulverulente se pot aplica şi prin stopirea sau prăfuirea părților vegetative aeriene ale plantelor, metodă cunoscută şi sub denumirea de nutriție *extraradiculară.*

În timpul vegetației se foloseşte foarte mult, mai ales în legumicultură, la culturile din sere şi solarii, precum şi la culturile irigate, fertilizarea cu *soluții nutritive*.

Irigația fertilizantă este metoda care constă în aplicarea îngrăşămintelor chimice odată cu apa de irigare, în cantitățile şi raporturile dintre elemente (N, K, P) corespunzătoare cerințelor plantelor la faza de vegetație când se face aplicarea.

25.4. Particularitățile sistemului de fertilizare în condiții de irigare

Agricultura intensiva presupune si existența unui sistem de irigații bine reprezentat, atunci când plantele au la dispoziție apă suficientă, factorul care limitează producția este aporvizionarea cu elemente nutritive. Deficitul de apă în timpul vegetație provoacă stres hidric plantelor şi împiedică valorificarea îngrăşămintelor. Un exemplu elocvent este la cultura porumbului unde 50% din totalul apei se consumă în decurs de 5 săptămâni de la mătăsire. Dacă în timpul mătăsirii sau al polenizării umiditatea solului scade timp de 1-2 zile la punctul de ofilire, recolta se reduce cu 20%, iar dacă persistă 6-8 zile, recolta potențială se reduce cu 50% (Arnon, 1975 citat de Davidescu D., Davidescu V., 1981).

La noi în țară există în planul ANIF (Agenția națională a Îmbunătățirilor Funciare) amenajări de irigații de 3.001.617 ha. Situația în anul 2012 conform site-ului ANIF este de 2.991.943 ha total suprafață amenajată, din care irigații prin aspersiune 2.665.594 ha, prin brazde 276.624 ha şi prin inundare 49.725 ha, iar ca sursă de apă sigurată pentru amenajările de irigații avem Dunărea cu un procent de 85% (2.543.150 ha) şi râurile interioare şi lacurile de acumulare cu un procent de 15% (448.793 ha).

Obținerea unor producții stabile şi ridicate în condiții de irigare presupune aplicarea corespunzătoare a îngrăşămintelor ținând cont de particularitățile sistemuluide fertilizare în condiții de irigare:

- În condiții de irigare plantele se dezvoltă mai bine, în special aparatul foliar, consumul de elemente nutritive creşte, iar necesarul plantei nu se poate satisface pe baza rezervei naturale a solului.
- Cu apa de irigare se produce o diluare a soluției solului, o scădere a presiunii osmotice, astfel este afectată absorbția elementelor nutritive. Prin mărirea dozei de îngrăşământ se restabileşte concentrația soluției nutritive, de unde rezultă că este necesară majorarea dozei dar respectând raportul între elementele nutritive, favorabil plantei cultivate.
- Prin irigare se procuce şi o pierdere prin levigare a unor elemente nutritive, care poate provoca carențe la plantele cultivate. Apare pericolul de spalare a N (100 m^3 apă spală 3-5 kg N din sol), se aplica astfel doze fracționate cu N pentru a evita levigarea acestuia.
- Prin aportul apei de udare are loc o intensificare a solubilizării elementelor nutritive din sol, dar şi o deplasare a acestora în afara zonei active a rădăcinilor.
- Condițiile de irigare ca urmare a unui efect de stagnare a apei duc la creşterea mobilității unor elemente cu efect benefic asupra mobilizării fosforului din rezerva solului, se asigură astfel necesarul plantei, dar şi cu efect nefavorabil în cazul fierului şi manganului care prin procese de oxidoreducere trec în forme mai puțin accesibile plantelor, iar în cazul potasiului concentrația poate să scadă uneori de 1,5-2 ori.
- Prin irigare se accelerează descompunerea materiei organice, proprietățile fizico-chimice se modifică, structura solului se distruge. De aceea, este necesar să se aplice doze mai mari de îngrămământ organic (gunoi de grajd), la intervale de timp mai mici. Eficiența creşte atunci când îngrăşămintele organice se aplică împreună cu cele minerale. Gunoiul de grajd poate fi aplicat în orice stare de fermentare, se mai pot folosi şi alte resturi organice compostate sau necompostate cu adaos de îngrăşăminte cu azot, sau cu azot şi fosfor.

Fertilizarea trebuie corelată cu normele de udare şi cu metodele de irigare (prin brazde, inundație sau aspersiune). Apa de irigație este o soluție de în care sunt dizolvați o serie de ioni în concentații diferite în funcție de sursa de apă folosită la irigare. Acest fapt duce la modificarea echilibrullui ionic care se stabileşte între complexul adsorbtiv al solului şi soluția solului, astfel

un conținut ridicat în sodiu poate duce la aşa numita sărăturare secundară. Fenomenul apare în special pe solurile argiloase şi se manifestă mult mai puțin pe solurile nisipoase care au un complex adsorbtiv slab exprimat şi un drenaj bun.

Există recomandări privind aplicarea diferită a tipurilor de îngrăşăminte în funcție de elementul nutritiv prezent. In cazul irigării există condiții mai slabe de nitrificare, cu pierderi de *azot* sub formă nitrică prin levigare, astfel că se recomandă aplicarea îngrăşămintelor care conțin azot nitric, atât prin încorporare în sol cât şi cu apa de udare.

Necesitatea îngrăşămintelor cu *fosfor* se resimte după introducerea sistemului de irigație cu toate că la început are loc creşterea conținutului în fosfor solubil ca urmare a mineralizării mai intense a materie organice cu eliberare de CO_2, care are rolul de a solubiliza compuşii greu solubili şi ai trece într-o formă accesibilă plantelor. Consumul mai ridicat de către plante generează necesarul de îngrăşăminte cu fosfor. Îngrăşămintele cu fosfor nu se recomandă a se aplica singure ci numai împreună cele cu azot sau cu azot şi potasiu, sau împreună cu îngrăşământ organic (gunoi de grajd).

În cazul îngrăşămintelor cu *potasiu*, acestea se aplică mai mult la culturile irigate decât la cele neirigate. În condiții de irigare se cultivă plante care valorifică mai bine apa, precum plantele tehnice, legumele care, la rândul lor sunt mari consumatoare de potasiu.

Calitatea apei de irigație are un rol major în regimul de nutriție, trebuie evaluat conținutul total în săruri solubile, de oxigen, în substanțe aflate în suspensie, dar nu în ultimul rînd pH-ul.

În principiu, la culturile irigate, îngrăşămintele chimice trebuie să se aplice în fiecare an, iar îngrăşămintele organice la 2-3 ani odată. Tehnia aplicării nu diferă de cea folosită la culturile neirigate.

Fertirigarea reprezintă aplicarea elementelor nutritive odată cu apa de udare în corelației cu cerințele plantelor şi în raport cu fazele de vegetație. Această metodă cu rezultate bune la culturile din serele de flori s-a introdus şi la culturile legumicole de seră, dar şi la culturile în câmp. Metoda aduce o îmbunătățire a tehnicii de fertilizare, evită dezechilibrul chimic din sol generat de aplicarea unor doze mai mari în condiții de irigare. Se recomandă pentru irigarea fertilizantă amestecuri de îngrăşăminte cu solubilitate mare în apă şi care să nu lase reziduuri în sol.

25.5. Eficiența îngrăşămintelor pentru plantele cultivate în asolament

Eficiența îngrăşămintelor în cadrul asolamentului depinde de repartizarea plantelor în diferite sole, în raport cu tipul de asolament (de câmp, furajer, legumicol) şi durata rotației.

Se stabilesc solele pe care urmează să se aplice îngrăşăminte organice, astfel încât să fie folosite cu maxim de eficiență atât în primul an, cât şi la plantele care urmează în anul doi şi trei (îngrăşăminte organice se aplică 1 dată la 3-4 ani) şi solele pe care se recomandă aplicarea îngrăşămintelor minerale, în ce doze, la ce epoci, prin ce metode şi care sunt culturile care vor folosi efectul rezidual.

Prezența leguminoaselor în asolament influențează asupra bilanțului N şi a dozelor care se dau la plantele care urmează după ele.

Îngrăşămintele organice, în cadrul asolamentului agricol, se aplică la plantele cu perioadă lungă de vegetație, în general prăşitoare, astfel încât să se poată folosi influența lor în timp, dar şi în primul an, iar pe solurile mai puțin fertile chiar şi la păioase. Pentru a asigura o bună răsărire şi înrădăcinare a plantelor pe solurile cu reacție acidă se vor aplica pe lângă gunoi de grajd şi amendamente.

În asolamentul furajer se aplică îngrăşământ organic (gunoi de grajd) mai întâi în sola premergătoare leguminoaselor perene sau la rădăcinoase. Se îmbunătățesc astfel proprităților fizico-chimce ale solului, iar îngrăsămintele chimice aplicate sunt mai bine valorificate.

Când se cultivă cereale după cereale este necesară o cantitate mai mare de îngrăşăminte cu azot şi cantități mai mici de fosfor şi potasiu.

În cazul culturilor leguminoase după leguminoase se recomandă mai multe îngrăşăminte cu fosfor, potasiu şi calciu, şi mai puțin cu azot.

Pentru asolamentele mixte se practică fertilizarea directă şi valorificarea de către cereale a acțiunii remanente. Fertilizarea directă se practică atât la plantele tehnice, cât şi la cereale.

Asolamentul furajer față de asolamentele agricole are unele particularități. Raportul N:P:K se modifică în favoarea N, iar dozele sunt mai mari decât în asolamentele de câmp. La leguminoasele perene se vor aplica fosfor şi potasiu în cantități mai mari, iar îngrăşămintele organice se dau la planta premergătoare.

TEST DE EVALUARE

1. Care sunt după epoca de aplicare a îngrăşămintelor chimice principalele metode de fertilizare?

Răspuns:

După epoca de aplicare a îngrăşămintelor se disting trei metode principale: fertilizarea *înainte* de semănat (plantat), numită şi fertilizareade bază; fertilizarea *odată* cu semănatul (plantatul); fertilizarea *în timpul* vegetației.

2. Care sunt factorii de care trebuie să ținem cont la fertilizarea plantelor cultivate în asolament?

Răspuns:

Exerciții.

Exemplu rezolvat:

1. În condiții de irigare dozele de îngrăşăminte vor fi mai mari pentru că:

a) consumul plantelor este mai ridicat

b) concentrația soluției solului creşte

c) o parte din îngrăşăminte retrogradează

d) în soluție solului îngrăşămintele precipită

Rezolvare: a

De rezolvat:

2. În cazul culturilor leguminoase după leguminoase se recomandă mai puține îngrăşăminte cu:

a) N

b) P

c) K

d) Mg

Rezolvare:

REZUMATUL TEMEI

25.1.Obiectivele sistemului de fertilizare

25.2.Factorii de care se ține seama în alcătuirea unui sistem de fertilizare

25.3.Metodele şi epocile de aplicare a îngrăşămintelor

25.4. Particularitățile sistemului de fertilizare în condiții de irigare

25.5. Eficiența îngrăşămintelor pentru plantele cultivate în asolament

Tema nr. 26

Fertilizarea minerală şi organică la principalele culturi agricole

Unităţi de învaţare:

- Principiile de bază ale aplicării îngrăşămintelor la culturi de câmp
- Principiile de bază ale aplicării îngrăşămintelor la păsuni şi fânețe

Obiectivele temei:

- Consideraţii generale la aplicarea îngrăşămintelor la culturi de câmp şi particulare privind fertilizarea cerealelor, fertilizarea leguminoaselor pentru boabe, fertilizarea plantelor uleioase, fertilizarea plantelor tuberculifere şi rădăcinoase.
- Insuşirea cunoştiinţelor privind aplicării îngrăşămintelor la păsuni şi fânețe.

Timpul alocat temei: 2 ore

Bibliografie recomandată:

1. Davidescu D.,Velicica Davidescu, 1981. *Agrochimia modernă*. Ed. Academiei RSR Bucureşti.
2. Madjar Roxana, Velicica Davidescu. *Principii de menţinere a fertilităţii solului.* Ed. INVEL – Multimedia, 2008.
3. Madjar Roxana, 2008. *Agrochimie* – Planta şi solul. Ed. INVEL Multimedia, Bucureşti.
4. Madjar Roxana, Velicica Davidescu, 2009. *Agrochimie.* USAMVB, Facultatea de Horticultură, Învăţământ la distanţă, Bucureşti.
5. Rusu Mihai, Marilena Mărghitaş, Ioan Oroian, Tania Mihăescu, Adelina Dumitraş, *Tratat de Agrochimie,* Ed. Ceres, Bucureşti, 2005.

26.1. Principiile de bază ale aplicării îngrăşămintelor la culturi de câmp

26.1.1. Consideraţii generale

Aplicarea amendamentelor şi a îngrăşămintelor se face ținând cont de particularităţile plantelor, fertilitatea solului, condiţiile existente în sol care favorizează disponibilizarea elementelor nutritive şi accesibilitatea acestora în formă asimilabilă pentru planta cultivată.

Aplicarea amendamentelor este o măsură care se ia în cazul corectării reacţiei solurilor acide şi saline-alcalice. Se realizează astfel în sol un mediu favorabil din punct de vederea la reacţiei solului şi a celorlalţi factori fizici, fizico-chimici, biologici necesari dezvoltării plantelor.

Odată cu amendarea, acolo unde este necesară ca măsură ameliorativă, se pot aplica concomitent şi îngrăşăminte chimice cu rol în refacerea fertilităţii solului prin asigurarea unui regim şi raport optim al elementelor nutritive. Alegerea tipului de fertilizant în cazul unor soluri amendate se face tinând cont ca substanţe aplicate să nu modifice reacţia solului.

Fertilizarea organică este recomandată în cazul culturilor agricole de câmp pentru solurile cu conţinut redus în humus, dozele sunt calculate şi aplicate conform cerinţelor plantei cultivate, parametrii agrochimici care intervin sunt conţinutul de humus (pe baza căruia se calculează I_N) şi argilă din sol. Conţinutul de azot total din îngrăşământul organic este un alt factor de care trebuie să ţinem seama la fertilizarea organică. Fertilizarea organică se face pentru culturile de câmp care folosesc efectul direct al îngrăşământului aplicat (porumb, cartof, sfeclă de zahăr şi furajeră, alte culturi furajere, etc.). Pentru ca efectul lor să fie semnificativ pentru cultură se recomandă încorporarea toamna pentru ca uniformizarea şi nivelarea la nivelul solului să ofere pregătirea patului germinativ în primăvară.

Fertilizarea minerală se face respectând principiile aplicării îngrăşămintelor în urma evaluării stării de fertilitate a solului realizată printr-o cartarea agrochimică şi calculul dozelor optime. Fertilizarea cu azot se recomanda a se practica fracţionat la faze diferite ale culturii pentru a avea o eficienţă şi un coeficient de utilizarea a substanţei active cât mai mare, evitându-se astfel două procese posibile, fie pierderea azotului prin levigare pe profilul solului şi poluarea pânzei de apă freatică, fie crearea unor zone de concentrare şi acumularea în special a nitraţilor în plante cu potenţial de asimilare pentru acest ion.

26.1.2. Fertilizarea cerealelor

Principalii reprezentanţi din această grupă sunt; grâul.orzul, ovăzul, porumbul. Cerinţele acestor plante faţă de principali parametri agrochimici care trebuiesc avuţi în vedere sunt trecuti în tabelul 35.

Tabelul 35

Cerinţele plantelor cerealiere faţă de unii parametri agrochimici

(după David Davidescu şi Velicica Davidescu, 1992)

Specificare		Grâu	Orz	Ovăz	Porumb
pH $_{H2O}$		5,5-7,5	6,5-8	5-6	5,5-7,5
Salinitate CE mmho/cm g/100 g		 4-10 0,280-0,700	 10-18 0,700-1,800	 4-10 0,280-0,700	 4-10 0,280-0,700
Consum specific produs comercial mediu kg/tona	N P_2O_5 K_2O	23-35 15-18 20-37	25-30 15 35-42	22-28 10-12 27-37	25-30 8-10 20-25
Raportul de echilibru $N:P_2O_5:K_2O$		 1:0,3:0,7	 1:0,5:1,4	 1:0,5:1,6	 1:0,3:0,7
Perioade critice ale nutriţiei		-apariţia frunzei a treia -înfrăţirea -intrarea în burduf (apariţia primului nod) -înspicarea.	-apariţia frunzei a treia -înfrăţirea -intrarea în burduf (apariţia primului nod) -înspicarea	-apariţia frunzei a treia -înfrăţirea -intrarea în burduf (apariţia primului nod) -înspicarea	-apariţia frunzei a treia -apariţia a 50% din numărul de frunze -mătăsirea

La cereale păioase fosforul şi potasiul se aplică integral toamna la arătură, iar doza de azot se fracţionează şi se aplică toamna la arătură sau la pregătirea terenului pentru semănat, jumătate până la două treimi din doză iar restul primăvara devreme, dacă cultura se irigă, în perioada dintre intrarea în burduf şi înspicare se poate aplica până la o treime din doza de N cu apa de udare.

Pentru culturile prăşitoare, toamna la fertilizarea de bază se aplică trei pătrimi sau chiar întreaga cantitate din doza de fosfor calculată şi toată cantitatea de potasiu, doza de azot este fracţionată la o pătrime până la o treime în toamnă şi primăvara la pregătirea patului germinativ se recomandă a se aplica aceeaşi fracţie ca şi în toamnă. Restul de îngrăşăminte cu fosfor se aplică odată cu semănatul precum şi o noua fracţie de azot. Cantitatea rămasă neaplicată din doza de azot se dă la praşila a 2-a sau prin aspersiune cu apa de irigaţie.

26.1.3. Fertilizarea leguminoaselor pentru boabe

Principalii reprezentanţi sunt mazărea, fasolea, soia, care au capacitatea de a lua azotul prin procese de simbioză cu **Bacillus leguminosarum,** astfel îşi satisfac cerinţele în azot în proporţie de 40-75%, şi reacţionează foarte bine la aplicarea îngrăşămintelor fosfatice, iar pe

unele soluri şi la cele potasice şi molibdenice, iar uneori şi la doze moderate de îngrăşăminte cu azot (25-40kg/ha).

Cunoaşterea unor indici agrochimici precum şi a unor parametrii restrictivi (pH, salinitate,etc.) permite stabilirea de măsuri care să permită obținerea unor producții de peste 2500-3000 kg/ha.

Tabelul 36

Cerințele plantelor leguminoase față de unii parametri agrochimici

(după David Davidescu şi Velicica Davidescu, 1992)

Specificare		Mazăre	Fasole	Soia
pH_{H2O}		6-7	6-7,5	6-7,5
Salinitate CE mmho/cm g/100 g		 4-10 0,200-0,700	 2-4 0150-0,300	 2-4 0,150-0,300
Consum specific produs comercial mediu kg/tona	N P_2O_5 K_2O	60-80 15-30 33	90 35-40 76	200-250 20-25 35-40
Raportul de echilibru $N:P_2O_5:K_2O$		1:0,3:0,7	1:0,3:0,8	1:0,1:0,2
Perioade critice ale nutriției		-primele două frunze adevărate -apariția butonilor florali -înflorire.	-primele două frunze adevărate -apariția butonilor florali -înflorire.	-primele două frunze adevărate -apariția butonilor florali -înflorire.

26.1.4. Fertilizarea plantelor uleioase

Principalele plante uleioase tipice sunt floarea soarelui, rapița şi ricinul, mai sunt şi alte plante care acumulează uleiuri ca de exemplu soia, alunele de pământ, inul, cânepa, porumbul (germenii), nucul, etc.

La stabilirea dozelor de îngrăşăminte trebuie să se ia în considerarea şi unii parametri agrochimici.

Tabelul 37

Cerinţele plantelor uleioase faţă de unii parametri agrochimici

(după David Davidescu şi Velicica Davidescu, 1992)

Specificare		Floarea-soarelui	Rapiţa	Ricin
pH_{H2O}		6-7,5	5,8-8	7-8
Salinitate CE mmho/cm g/100 g		 4-10 0,200-0,700	 10-18 0,700-1,3	 4-10 0,200-0,700
Consum specific produs comercial mediu kg/tona	N P_2O_5 K_2O	 46 26 52	 40-55 20-23 38-65	 71 17 59
Raportul de echilibru $N:P_2O_5:K_2O$		1:0,6:1,2	1:0,5:1,2	1:0,2:0,8
Perioade critice ale nutriţiei		-apariţia primei perechi de frunze adevărate -începutul formării inflorescenţelor -înflorire.	-apariţia primei perechi de frunze adevărate -începutul formării inflorescenţelor -înflorire.	-apariţia primei perechi de frunze adevărate -începutul formării inflorescenţelor -înflorire.

Aceste culturi sunt mari consumatoare de potasiu, aplicarea îngrăşămintelor potasice fiind necesară datorită rolului important al acestui element în depunerea uleiului în seminţe.

26.1.5.Fertilizarea plantelor tuberculifere şi rădăcinoase

Principalii reprezentanţi ai acestei grupe sunt: cartoful şi sfecla de zahăr. Pentru stabilirea corectă a dozelor de îngrăşăminte trebuie să se ia în considerare şi o serie de parametri agrochimici (tabelul 38).

În cultura sfeclei de zahăr un rol important îl joacă administrarea îngrăşămintelor cu fosfor, chiar şi pe solurile foarte bine aprovizionate chiar la niveluri mici ale recoltei scontate, datorită rolului deosebit al fosforului în creşterea sistemului radicular şi a rădăcinii principale, care constituie organul de depozitare a zahărului.

Azotul se foloseşte în doze mari la sfeclă şi cartof datorită cantităţii mari de biomasă vegetală recoltabilă.

Tabelul 38

Cerințele plantelor tuberculifere şi rădăcinoase față de unii parametri agrochimici

(După David Davidescu şi Velicica Davidescu, 1992)

Specificare		Cartof	Sfecla de zahăr
pH_{H2O}		5-6	7-7,5
Salinitate CE mmho/cm g/100 g		 4-10 0,200-0,700	 10-18 0,700-1,3
Consum specific produs comercial mediu kg/tona	N P_2O_5 K_2O	5-8 2-3 8-9	5 1,5 6-8
Raportul de echilibru $N:P_2O_5:K_2O$			
Perioade critice ale nutriției		-apariția celei de a 2-4 pereche de frunze -începutul apariției inflorescențelor -înflorire.	-apariția celei de a 2-3 pereche frunze -începutul îngroşării rădăcinii -depunerii intense a zahărului

26.2. Principiile de bază ale aplicării îngrăşămintelor la păsuni şi fânețe

În România, pajiştile ocupă o suprafață de 3,4 milioane ha, iar fânețele de 1,5 milioane ha, reprezentând 34% din suprafața agricolă a țării, ceea ce situează țara noastră, dupa această dimensiune, pe locul cinci în Europa, 97% din suprafețele cu păsuni şi fânețe din România sunt în domeniul privat şi doar 3% în domeniul public, conform datelor provizorii ale ultimului Recensământ General Agricol realizat în anul 2011. (Legea nr. 214 din 15 noiembrie 2011).

Eficiența cea mai mare a îngrăşămintelor se obține atunci când se ține seama de particularitățile biologice ale plantelor care întră în compoziția floristică a păşunilor şi fânețelor, cât şi de condițiile de sol.

De regulă, vegetația păşunilor este alcătuită în cea mai mare parte din ierburi perene, în care predomină gramineele. Una din perioadele critice cele mai importante o constituie înfrățirea, deoarece producția de masă verde sau fân este condiționată de numărul de lăstari.

La gramineele perene, spre deosebire de cele anuale, se disting ***două perioade de înfrățire:*** în primăvară şi în vară.

La rîndul ei, înfrățirea diferă de la o specie la alta. Fertilizarea la începutul înfrățirii din primăvară ajută la menținerea, între cele două perioade, a unui număr mai mare de lăstari. La

înfrățirea din vară nu trebuie să se dea în exces azot întrucât se prelungeşte perioada de vegetație şi plantele pot intra în iarnă fără a fi acumulat substanțele de rezervă necesare.

Prin folosirea îngrăşămintelor se modifică şi compoziția floristică a pajiştilor, îngrăşămintele cu azot favorizând creşterea procentului de graminee, iar cele cu fosfor şi potasiu a procentului de leguminoase. S-a observat că îngrăşămintele cu azot au o influență mai puternică când în compoziția floristică predomină graminee cu tufa rară: *Agrostis alba, Avena elatior, Alopecurus pratensis, Bromus erectus, Dactylis glomerata, Festuca pratensis, F. rubra, Lolinm perene, Phleum pratense, Poa pratensis, P. nemoralis, P. sterilis*. În cazul gramineelor cu tufa deasă: *Andropogon ischaemum, Deschampsia caespitosa, Festuca supina, Nardus stricta, Stipa* sp., eficiența îngrăşămintelor cu azot este mai mică.

Fertilizarea păşunilor şi fânețelor nu trebuie făcută numai prin aplicarea îngrăşămintelor cu azot, întrucît cu timpul se favorizează îmburuienarea cu plante mari consumatoare de azot, dar cu valoare nutritivă mică.

Îngrăşămintele fosfatice şi potasice, chiar dacă au o influență mai mică asupra sporurilor obținute la producția de masă verde sau fân, asigură îmbunătățirea compoziției floristice şi păstrează echilibrul nutritiv.

Îngrăşămintele organice sub forma gunoiului de grajd, urinii, mustului de gunoi şi tulburelii sporesc, în medie, producția de iarbă cu 30—50%, iar cea de fân cu 20—35%.

Pe pajişti, gunoiul de grajd se împrăştie toamna târziu, după ultimul păşunat. Dacă împrăştierea se face primăvara, atunci păşunatul nu poate începe decât după circa 1½ luni de la răspândire. Pe finețe, gunoiul se poate împrăştia atât toamna târziu, după ultima coasă, cât şi primăvara timpuriu.

Suprafețele întinse de păşuni şi fânețe se găsesc pe soluri cu reacție acidă. Din această cauză, în componența lor floristică intră plante cu o valoare nutritivă mai scăzută. Corectarea acidității se face cu carbonat de calciu, care se aplică toamna, la 5—6 ani odată.

Pe păşuni şi fînețe, sistemul de fertilizare este diferit de al plantelor de câmp, întrucât îngrăşămintele se aplică numai la suprafața solului.

Pentru a folosi cât mai eficient influența în timp a îngrăşămintelor şi amendamentelor se întocmeşte un sistem de fertilizare diferențiat pe o perioadă de 3—4 ani. Terenul se împarte în 3—4 sole şi fiecare dintre ele se fertilizează diferențiat de la un an la altul, alcătuindu-se astfel o

rotație a aplicării îngrăşămintelor. Pe aceeaşi parcelă se revine cu acelaşi sistem de fertilizare după 3—4 ani. În acest mod se evită fertilizarea unilaterală, iar eficiența în timp a unor îngrăşăminte este mai mare cu efecte asupra creşterii producției pe baza înmulțirii speciilor valoroase de graminee şi leguminoase. (Davidescu D, Davidescu V., 1981)

TEST DE EVALUARE

1. Care este recomandarea privind aplicarea îngrăşămintelor minerale cu azot la culturile de câmp?

Răspuns:

Fertilizarea cu azot se recomanda a se practica fracționat, la fazele diferite ale culturii, pentru a avea o eficiență şi un coeficient de utilizarea a substanței active cât mai mare.

2. Care este momentul optim pentru aplicarea îngrăşămintelor minerale cu fosfor la culturile de cereale păioase?

Răspuns:

Exerciții.

Exemplu rezolvat:

1. Momentul optim de aplicare a îngrăşămintelor cu potasiu este:

a) La sfârşitul perioadei de vegetație

b) Suplimentar prin aspersiune

c) Toamna sub arătură

Rezolvare: c

De rezolvat:

2. Care dintre elemente este asimilat de grâu în cantitatea cea mai mare la faza de înfrățire?

a) N

b) P

c) K

d) Mg

Rezolvare:

REZUMATUL TEMEI

26.1. Principiile de bază ale aplicării îngrăşămintelor la culturi de câmp

Consideraţii generale

Fertilizarea cerealelor

Fertilizarea leguminoaselor pentru boabe

Fertilizarea plantelor uleioase

Fertilizarea plantelor tuberculifere şi rădăcinoase

26.2. Principiile de bază ale aplicării îngrăşămintelor la păsuni şi fânețe

Tema nr. 27

Principiile de bază ale aplicării îngrăşămintelor la plantele legumicole cultivate în câmp şi în spații protejate

Unități de învațare:

- Parametrii agrochimici ai solurilor care conditionează starea de fertilitate pentru cultura legumelor în câmp
- Fertilizarea culturilor de legume în spații protejate
- Unele particularități privind fertilizarea speciilor de plante legumicole

Obiectivele temei:

- Insuşirea cunoştiințelor privind aplicării îngrăşămintelor la plantele legumicole cultivate în câmp şi în spații protejate.

Timpul alocat temei: 2 ore

Bibliografie recomandată:

1. Davidescu D.,Velicica Davidescu, 1981. *Agrochimia modernă*. Ed. Academiei RSR Bucureşti.
2. Madjar Roxana, Velicica Davidescu. *Principii de menținere a fertilității solului.* Ed. INVEL – Multimedia, 2008.
3. Madjar Roxana, 2008. *Agrochimie* – Planta şi solul. Ed. INVEL Multimedia, Bucureşti.
4. Madjar Roxana, Velicica Davidescu, 2009. *Agrochimie.* USAMVB, Facultatea de Horticultură, Învățământ la distanță, Bucureşti.
5. Rusu Mihai, Marilena Mărghitaş, Ioan Oroian, Tania Mihăescu, Adelina Dumitraş, *Tratat de Agrochimie,* Ed. Ceres, Bucureşti, 2005.

27.1.Parametrii agrochimici ai solurilor care conditionează starea de fertilitate pentru cultura legumelor în câmp

În aceeaşi zonă ecologică şi cu aceleaşi tehnologii folosite se pot obține la aceeaşi specie (soi, hibrid) recolte diferite, ca urmare a proprietăților agrochimice variate ale solurilor care condiționează starea potențială de fertilitate.

În tabelul 39 sunt înserate limitele optime ale parametrilor agrochimici corespunzătoare unor fertilități potențiale optime. Unii din ei pot fi corectați prin măsuri agrochimice.

Tabelul 39

Parametrii agrochimici optimi ai solurilor care condiționează starea potențială de fertilitate pentru cultura legumelor

(după David Davidescu şi Velicica Davidescu, 1992)

Simbol	Parametri	Valori optime	
		culturi câmp	sere, solarii
pH	reacția solului	6,3-7,2	5,5-7,5
V	gradul de saturație cu baze, %	> 75	> 75
T	capacitatea de schimb cationic, me/100g	15-25	20-40
S	salinitate, ppm	100	300
Na	conținutul în sodiu schimbabil, % din T	5-12	12
H	conținutul în humus (materie organică), %	4-6	6-8
H/ha	rezerva de humus, t/ha	160-300	400-600
N_t	conținutul în azot total, %	0,25-0,35	0,30-0,50
C/N	raportul C/N din sol	12-15	8-12
I_N	indicele de azot	3-5	4-6
Nas	azot asimilabil (NO_3^-+NH_4^+), ppm	30-50	80-100
P	conținutul în fosfor potențial asimilabil (AL), ppm	40-60	60-80
K	conținutul în potasiu potențial asimilabil (AL), ppm	200-400	600
Ca	conținutul în calciu, % $CaCO_3$	< 3	< 3
Ca_a	conținutul în calciu activ, %	< 8	< 8
B	bor (H_2O), ppm	< 0,6	0,6-1,0
Zn	zinc (EDTA), ppm	0,1-0,5	0,10-1,2
Fe	fier (Ac.NH_4), ppm	2	2-4
Mn	mangan activ, ppm	40-50	50-60
Cu	cupru (HNO_3), ppm	1-2	1,0-2,5

În stratul de sol de la 0-30 cm, se află răspândite majoritatea rădăcinilor, şi orice schimbare a însuşirilor fizice şi chimice produce modificări în creşterea şi răspândirea sistemului radicular, cu repercursiuni asupra creşterii dezvoltării şi fructificării.

Stabilirea dozelor de îngrăşăminte se face diferenţiat în raport cu specia (soiul, hibridul), potenţialul genetic de producţie, condiţiile de sol şi factorii de mediu, folosind relaţia de calcul de doze şi datele privind consumul specific din tabelul 40.

Tabelul 40

Consumul specific pe tona de produs la legume

Specia	Cantitatea, în kg pentru o tonă (la substanţa proaspătă)				
	N	P_2O_5	K_2O	CaO	MgO
Andive	3-5	3	6,5-8	1,5	0,4
Ardei seră	1,5	0,2	1,6	1,0	0,15
Castraveţi de câmp	2,4	1,4	3,2	1,0	-
Castraveţi de seră	1,6	0,7	2,6	2,0	0,4
Ceapă de câmp	2,7-3,0	1,2	3-4,0	1,8	-
Ceapă de seră	1,0	0,4	1,0	-	-
Cartofi timpurii	5,0	1,5	7,0	-	-
Conopidă	7-10	4	12	11	1,2
Fasole pentru păstăi	10	2,3	7,0	-	-
Fasole urcătoare	11	2,2	8,0	13	2,0
Gulie - seră	3	0,4	3	1,7	0,2
Morcov timpuriu	3,5	1,5	6,0	3,5	0,8
Pepeni seră	4-7,5	2-3	7-10	6,1	1-2
Praz	3,2	1,2	6,0	2,2	0,5
Revent	3,2	1,2	6,2	5,0	-
Ridichi de lună	5	1,8	5,1	-	-
Ridichi de vară	7	3,1	5	-	-
Salată	2,3	0,8-1,1	4,0	1,5	0,6
Spanac	3-5,0	1,5-1,8	5,2	2,0	-
Sparanghel	12-20	3-7	10-22	-	-
Tomate de câmp	2,8	0,4	3,8	0,4	0,6
Tomate de seră	2,8	0,6	7,6	2,0-4,4	0,9
Ţelină	6,5	2,5	8,5-10	7,5	0,7
Varză de toamnă	3,0	1,0	4,5	0,7	0,3
Varză timpurie	3,8	1,5	7,0	6,0	0,4
Usturoi	5	1,5	3	-	

Cultura în câmp a speciilor legumicole se încadrează într-un asolament sau într-o rotaţie. Spre deosebire de culturile agricole de câmp, plantele legumicole au un **consum mai mare de elemente nutritive**. Cultura legumelor de câmp este de dorit să se facă în **condiţii de irigare**.

Principalele metode şi epoci de aplicare a îngrăşămintelor sunt:

-**fertilizarea de bază**, făcută atât cu lucrările dinaintea semănatului (plantatului) când se aplică 50-60 t/ha îngrăşăminte organice şi 50-100 % din îngrăşămintele cu fosfor şi potasiu;

-**fertilizarea locală** la cuib odată cu plantatul sau pe rânduri odată cu semănatul;

-**fertilizarea suplimentară** în cursul perioadei de vegetaţie, în mod diferenţiat în raport cu specia, vârsta, fazele de vegetaţie.

Reacția solului. Speciile legumicole preferă un pH neutru sau uşor acid, excepție conopida, fasolea de grădină, mazărea, prazul, varza care solicită o reacție uşor bazică.

Concentrația în săruri totale a apei de udare. Pentru culturile de câmp se consideră că apa pentru irigație trebuie să aibă un conținut de săruri totale, mai mic de 1g la litru şi este considerată neutilizabilă la un conținut mai mare de 3g/l.

Irigarea fertilizantă la culturile legumicole

Aplicată la început în serele de flori astăzi se practică cu succes şi în cultura legumelor de seră, ca şi la legumele de cămp. Metoda constă în **aplicarea îngrăşămintelor dizolvate în apa de udare,** de regulă o udare din două este fertilizantă. Metoda se bazează pe o relație strânsă dintre aprovizionarea cu apă şi nutriția minerală. Prin ea se urmăreşte să se evite dezechilibrul nutritiv ce se creează în sol atunci când se aplică doze mari de îngrăşăminte.

Irigația fertilizantă cere ca îngrăşămintele să aibă anumite caracteristici şi anume:

- să fie solubile în apă în totalitate;
- soluția nutritivă să conțină numai ioni de azot, fosfor sau potasiu, fără ioni susceptibili de a se acumula în sol SO_4^{2-}, Cl^-, Na^+;
- să permită realizarea unui amestec nutritiv corespunzător cu cerințele plantelor (specia soi, vârstă);

Îngrăşămintele care corespund acestor cerințe sunt: azotatul de amoniu, ureea, azotatul de calciu, fosfatul de amoniu şi azotatul de potasiu.

Fertilizarea legumelor în răsadnițe

Substratul nutritiv în răsadnițe este format dintr-un amestec de mraniță, pământ de țelină, turbă, gunoi de grajd fermentat, nisip, în raporturi diferite, corespunzător cu specia.

Substratul nutritiv se dezinfectează cu substanțe chimice (Basamid, Captan, Nemagon etc.) şi se adaugă produse cu acțiune erbicidă selectivă (Parlaan, 72C). Trebuie să asigure condiții bune din punct de vedere al însuşirilor fizice şi chimice, dar şi a parametrilor agrochimici (tabelul 41).

Tabelul 41

Indicii agrochimici medii ai substratului nutritiv din răsadnițe

pH_{H2O}	Materia organică	ppm (extract în apă)			Raport N:P:K
		NO_3^-	P	K	
6,1-6,5	20-25	110-150	70-90	220-300	1:0,8:2

Corectarea conținutului substratului în elemente nutritive se face după formula de la tema 24.5.

27.2. Fertilizarea culturilor de legume în spații protejate

Considerații generale. Cu toate că la fertilizarea legumelor în spații protejate apar unele aspecte comune cu fertilizarea legumelor în câmp, totuşi în practică sistemul de nutriție al legumelor în spații protejate (sere, solarii) se deosebeşte fundamental de nutriția şi fertilizarea legumelor în câmp.

Parametrii care determină particularitățile fertiliză culturi legumelor în spații protejate se datoresc următoarelor aspecte:

- intensitatea de creştere mai puternică a masei vegetale, datorită factorilor de mediu (temperatura, umiditatea, nutriția);
- raportul dintre partea vegetativă aeriană/rădăcini care este cu mult în favoarea părții vegetative aeriene;
- utilizarea unor amestecuri de pământ, foarte diferite față de tipurile de sol din cultura mare;
- un conținut mai ridicat al substratului în materia organică;
- imobilizarea unor ioni de către materia organică din sol (bor, cupru, mangan);
- o mare heterogenitate a substratului, în ceea ce priveşte însuşirile fizico-chimice şi conținutul în elemente nutritive;
- activitatea microbiologică intensă din sol care favorizează şi dezvoltarea unor agenți patogeni sau dăunători, ceea ce impune luarea de măsuri de prevenire şi combatere;

- posibilitatea controlării şi dirijării factorilor de mediu (căldură, umiditate atmosferică) şi ai solului (aerația, elementele nutritive din sol);
- greutăți în asigurarea unui echilibru nutritiv corespunzător metabolismului şi vârstei plantelor în tot cursul perioadei de vegetație.

La stabilirea sistemului de fertilizare al culturilor protejate trebuie să se țină seama de următorii parametrii:

Însuşirile substratului. Principalele caracteristici care condiționează fertilitatea substratului sunt: pH-ul, însuşirile hidrofizice, proprietățile chimice (raport N: P: K), concentrația în săruri a soluției solului.

În condițiile culturilor protejate, după câțiva ani de la luarea în cultură nu se mai pune problema existenței unor soluri cu fertilitate scăzută, fapt ce complică sistemul de fertilizare şi de interpretare a buletinelor de analiză chimică a solului, când trebuie luat în considerare **raportul** dintre elementele solubile şi caracterul antagonist al unor ioni (Ca, Mg, Zn, B), ce pot produce carențe induse. Datorită substratului şi a cantităților de îngrăşăminte utilizate se poate vorbi mai curând de exces, decât de insuficiență sau carență în elemente nutritive. Important este că în condițiile culturilor protejate să se realizeze un **raport echilibrat între elementele nutritive**, corespunzător cerințelor fiecărei specii şi o *concentrație* a elementelor nutritive care să coreleze cu perioadele de vârstă ale plantelor.

Datorită folosirii unor cantități mari de îngrăşăminte substratul nutritiv în seră (solarii) tinde să-şi sporească rapid conținutul în săruri solubile, ceea ce duce în timp pe solurile cu drenaj natural defectuos la **sărăturarea secundară**.

Metodelor de aplicare a îngrăşămintelor la culturile din spații protejate

Odată cu lucrările de pregătire a terenului se aplică **fertilizarea de bază**, sub formă de gunoi de grajd sau turbă şi îngrăşăminte chimice (P; K).

În cursul perioadei de vegetație se practică **fertilizarea suplimentară fazială**, corelată cu perioadele critice de nutriție a plantelor prin aplicarea îngrăşămintelor chimice la sol, cu apa de udare sau prin stropiri extraradiculare pe părțile vegetative.

Epocile de aplicare şi dozele de îngrăşăminte în cursul perioadei de vegetație trebuiesc corelate cu **ritmul de absorbție a elementelor nutritive,** nivelul de aprovizionare a solului. În

practică se recomandă folosirea unor **curbe de fertilizare** şi corelarea cu un **control chimic periodic** al solului.

Fertilizarea organică în spații protejate

Pentru fertilizarea de bază se foloseşte gunoiul de grajd (de taurine) proaspăt, sau semifermentat, se verifică mai întâi printr-un test chimic sau biologic de laborator, dacă nu conține reziduuri de ierbicide, care sunt incompatibile cu cultura ce urmează a fi plantată, datorită caracterului lor fitotoxic. Dozele folosite variază între 60-100 t/ha la primul ciclu. După încorporare se procedează la dezinfecție termică sau chimică.

Dezinfecția termică a solului în serele de tip industrial se face timp de 6-7 ore cu abur la 150°C, când temperatura în sol pe adâncimea 30 cm ajunge la 90-95°C şi trebuie menținută timp de o oră. După răcirea solului (<30°C) se face **fertilizarea de bază** (P, K) iar pentru refacerea florei bacteriene se recomandă aplicarea şi a unor îngrăşăminte chimice cu azot, în doză de 30 kg/ha. Prin dezinfectarea termică creşte uşor conținutul în azot nitric.

Fertilizarea echilibrată a legumelor în spații protejate

Sistemul de fertilizare al culturilor se diferențiază după cum acestea sunt:

- *forțate,*
- *semiforțate,*
- *uşor protejate*

În cazul culturilor **uşor protejate,** cu mijloace simple, contra vânturilor, brumelor, înghețurilor sau insolației excesive, tehnologia de cultură nu diferă prea mult față de cea a culturii legumelor neprotejate, nici sistemul de fertilizare nu se diferențiază.

Pentru culturile *semiforțate şi forțate*, datorită unor condiții speciale de microclimat, tehnologia este diferită. Prin folosirea apei de udare, a cantităților ridicate de elemente fertilizante şi a deselor tratamente fito-sanitare solul tinde să acumuleze cantități însemnate de săruri şi elemente, astfel încât starea de fertilitate se modifică simțitor. Aplicarea echilibrată a îngrăşămintelor se face astfel:

- *la îngrăşămintele cu N cea mai mare parte trebuie să se aplice fazial şi numai 0-20% ca îngrăşământ de bază;*
- *la îngrăşămintele cu P trebuie să se aplice 75-100% ca îngrăşământ de bază;*
- *la îngrăşămintele cu K trebuie să se aplice 20-40% ca îngrăşământ de bază.*

Aplicarea lor se face fracționat pentru a corespunde cu consumul elementelor de către plante şi pentru a nu se crea rezerve ce se pot leviga, sau **acumulări excesive** în sol ce pot da naştere la fenomene de **antagonism** sau de **toxicitate**. De asemenea, se are în vedere şi aportul ridicat de elemente nutritive provenite prin mobilizarea acestora din îngrăşămintele organice, aplicate ca îngrăşământ de bază.

În condiții de seră **mobilizarea elementelor nutritive din îngrăşăminte organice** este mai intensă decât la aceeaşi cultură în condiții de câmp. Astfel, după D.Davidescu, 1992, se consideră că pentru **fiecare 100 t gunoi de grajd** într-un ciclu de vegetație se eliberează în medie:

250-300 kg azot (N), 120-170 kg fosfor (P_2O_5), 350-450 kg potasiu (K_2O)

Sarcina fiecărui specialist din producție este **să cunoască modul de citire şi interpretare diferențiată a buletinului de analiză chimică** pentru a lua decizii fundamentate şi a realiza o fertilizare echilibrată a plantelor.

Tabelul 42

Exemplu de repartizare a dozei totale de îngrăşământ

la cultura de castraveți în seră

Data	% din doza totală anuală de îngrăşăminte chimice		
	N	P_2O_5	K_2O
Plantare	0	80	20
Săptămâna 1-2	8	0	0
Săptămâna 3-4	0	0	0
Săptămâna 5-6	0	0	0
Săptămâna 7-8	8	0	8
Săptămâna 9-10	8	0	0
Săptămâna 11-12	14	0	10
Săptămâna 13-14	15	0	12
Săptămâna 15-16	10	0	10
Săptămâna 17-18	15	20	12
Săptămâna 19-20	14	0	10
Săptămâna 21-22	10	0	7
Săptămâna 23-24	6	0	5
Total	100	100	100

27.3.Unele particularități privind fertilizarea speciilor de plante legumicole

Speciile de plante legumicole, cultivate într-un asolament de câmp, **au un consum mai mare de elemente nutritive** comparativ cu culturile agricole de câmp. Cultura speciilor

legumicole în câmp se amplasează pe terenuri ce se pot iriga şi se încadrează într-un **asolament** sau într-o rotație prin care se înlătură neajunsurile monoculturii.

Tabelul 43

Cerințele speciilor solano-fructoase față de parametrii agrochimici

(după David Davidescu şi Velicica Davidescu, 1992)

Specificare	Ardei	Tomate	Vinete
pH_{H2O} Salinitatea C_E mmho/cm	5,5-6,8 2,5-4	5,5-7 4-8	6,5-7 6-13
g/100 g	0,160-0,250	0,250-0,380	0,380-0,850
Consum specific, kg/t,N produs comercial P_2O_5 K_2O	2,2 0,3 2,5	2,8 0,2 2,6	3,3 0,3 6,7
Raportul de echilibru $N:P_2O_5:K_2O$	1:0,6:1,2	2:0,5:3	1:0,1:2
Perioade critice ale nutriției	-începutul creşterii vegetative (2 săptămâni de la plantare) -începutul înfloririi -apariția primelor fructe -fructele ating 50% din mărimea normală.	-apariția primelor flori -începutul intrării în pârgă a fructelor din primul etaj -maturarea fructelor din primul etaj.	-6-8 frunze adevărate -începutul aparițieibobocilor florali -înflorirea în masă -fructele ating 50% din mărimea normală.

Tabelul 44

Cerințele legumelor din familia Cucurbitaceae față de factorii agrochimici

(după David Davidescu şi Velicica Davidescu, 1992)

Specificare	Castravețe	Pepene		Dovlecel
		galben	verde	comun
pH_{H2O} Salinitatea C_E mmho/cm	6-7,5 2,4-4	6-7,2 4-6	6-7,2 6-13	6-7 6-12
g/100 g	0,160-0,250	0,250-0,380	0,380-0,830	0,380-0,830
Consum specific, kg/t,N produs comercial P_2O_5 K_2O	1,7-2,5 0,6-0,9 2,1-4,5	2 0,2 4,5	3,7 1,7 5	1,1 1,6 1
Raportul de echilibru $N:P_2O_5:K_2O$	1:0,4:1,8	2:0,5:3	1:0,5:1,4	1:1,45:1
Perioade critice ale nutriției	-6 frunze adevărate, -începutul apariției bobocilor florali, -începutul maturării comerciale a fructelor, -mijlocul perioadei de vegatație.	- 4-6 frunze adevărate - începutul legării fructelor, -creşterea fructelor, -începutul maturării.	-începutul înfloririi, -începutul legării fructelor, -creşterea fructelor.	-începutul înfloririi, -începutul legării, -începutul creşterii fructelor.

Tabelul 45

Cerințele legumelor din grupa verzei față de parametri agrochimici

(după David Davidescu şi Velicica Davidescu, 1992)

Specificare	Varza	Conopida	Gulia
pH_{H2O} Salinitatea C_E mmho/cm	6,7-8 3,5-6	7,2-8 4-10	6,7-7 2,5-6
g/100 g	0,225-0,385	0,256-0,640	0,225-0,385
Consum specific, kg/t,N produs comercial P_2O_5 K_2O	3,0-3,8 1,0-1,5 4,5-7,0	8-10 4 10-12	2-3 1 3-5
Raportul de echilibru $N:P_2O_5:K_2O:CaO:MgO$	1:0,16:1,27:0,74:0,18		
Perioade critice ale nutriției	- 6-8 frunze adevărate -începutul formării căpățânii -creşterea intensă a căpățânii	- 5-8 frunze (30 zile de la plantare, începutul hipertrofierii pedunculilor florali -creşterea intensă a căpățânii false	- 6-8 frunze începutul îngroşării tulpinii -depunerea intensă a substanțelor de rezervă

Tabelul 46

Cerințele legumelor ce formează bulbi față de parametri agrochimici

(după David Davidescu şi Velicica Davidescu, 1992)

Specificare	Ceapă	Usturoi	Praz
pH_{H2O} Salinitatea C_E mmho/cm	6,5-7,8 4-6	6,5-7,6 3-5	6-7,5
g/100 g	0,250-0,380	0,1-0,3	
Consum specific, kg/t,N produs comercial P_2O_5 K_2O	3 1,2 4,8	5 1,5 3	3,3 2 4
Raportul de echilibru $N:P_2O_5:K_2O$	1:0,4:1,6	1:0,3:0,6	1:0,6:1,2
Perioade critice ale nutriției	-apariția primei frunze adevărate -creşterea intensă a frunzelor -începutul formării bulbului -creşterea intensă a bulbului		

Tabelul 47

Cerințele plantelor legumicole frunzoase față de parametri agrochimici

(după David Davidescu şi Velicica Davidescu, 1992)

Specificare	Salată	Spanac	Țelină pentru pețiol şi frunze
pH_{H2O} Salinitatea C_E mmho/cm	6,0-7,5 2-4	6,0-7,0 6-8	6,0-7,0
Consum specific, kg/t, N produs comercial P_2O_5 K_2O	4 0,3 3,5	3,3 1,5 5	6,5 2,5 10
Raportul de echilibru $N:P_2O_5:K_2O$	1:0,07:0,8	1:0,5:1,5	1:0,4:1,5
Perioade critice ale nutriției	5-6 frunze		

Tabelul 48

Cerinţele legumelor rădăcinoase şi tuberculifere faţă de parametri agrochimici

(după David Davidescu şi Velicica Davidescu, 1992)

Specificare	Morcov	Ţelină	Sfeclă roşie	Cartof timpuriu
pH_{H2O}	5,8-7	6-7,5	7-8	5-6
Salinitatea C_E mmho/cm	1-3	5-6	8-10	3-5
Consum specific, kg/t,N	4	6,5	5	8-10
produs comercial P_2O_5	1,7	2,5	2	3
K_2O	6,7	10	8	14
Raportul de echilibru $N:P_2O_5:K_2O$	1:0,4:1,6	1:0,4:1,5	1:0,4:1,6	1:0,3:1,4
Perioade critice ale nutriţiei	-începutul îngroşării rădăcinii principale	- 6-8 frunze -începutul îngroşării rădăcinii		-înflorirea -începutul formării tuberculilor

Speciile legumicole preferă solurile uşoare aerisite.

Toate speciile legumicole răspund bine la aplicarea îngrăşămintelor organice naturale, în doze de 40-60 t/ha, la care se adaugă îngrăşăminte minerale cu fosfor şi potasiu. Bulboasele preferă o fertilizare moderată cu gunoi de grajd bine fermentat, 20-30 t/ha.

În timpul vegetaţiei în raport cu perioadele critice de nutriţie se fac 3-5 fertilizîri suplimentare cu îngrăşăminte minerale cu azot sau azot şi potasiu. Speciile solano-fructoase, cucurbitaceele, tuberculiferele sunt sensibile la prezenţa ionului clor.

TEST DE EVALUARE

1. Care este concentrația în săruri totale solubile pe care nu trebuie să o depășească apa de irigație?

Răspuns:

Pentru culturile de câmp se consideră că apa pentru irigație trebuie să aibă un conținut de săruri totale mai mic de 1g/l.

2. Care sunt cerințele privind pH-ul solului în cazul cultivării speciilor solano-fructoase ?

Răspuns:

Exerciții.

Exemplu rezolvat:

1. Plantele în care se acumulează cantități mari de nitrați sunt:

a) Legume pentru frunze

b) Rădăcinoase

c) Pomi fructiferi

d) Solano-fructoase

Rezolvare: a

De rezolvat:

2. Pentru culturile de primăvară, cel mai bine este ca încorporarea gunoiului de grajd să se facă:

a) Toamna odată cu arătură

b) Primăvara înainte de semănat

c) În cursul vegetației

Rezolvare:

REZUMATUL TEMEI

Principiile de bază ale aplicării îngrăşămintelor la plantele legumicole cultivate în câmp şi în spații protejate

Parametrii agrochimici ai solurilor care conditionează starea de fertilitate pentru cultura legumelor în câmp.

Irigarea fertilizantă la culturile legumicole.

Fertilizarea legumelor în răsadnițe.

Fertilizarea culturilor de legume în spații protejate.

Tema nr.28

Impactul chimizării intensive asupra mediului înconjurător. Referiri la legislația în vigoare privind aplicarea îngrăşămintelor minerale şi organice

Unități de învațare:

- Riscurile poluării cu îngrăşăminte. Câteva referiri la legislația în vigoare privind aplicarea îngrăşămintelor minerale şi organice

Obiectivele temei:

- Stabilirea principalelor substanțe cu rol poluant în sistemul sol - plantă - apă - aer.

Timpul alocat temei: 1 oră

Bibliografie recomandată:

1. Madjar Roxana, Velicica Davidescu. *Principii de menținere a fertilității solului.* Ed. INVEL – Multimedia, 2008.
2. Madjar Roxana, Velicica Davidescu, 2009. *Agrochimie.* USAMVB, Facultatea de Horticultură, Învățământ la distanță, Bucureşti.
3. Rusu Mihai, Marilena Mărghitaş, Ioan Oroian, Tania Mihăescu, Adelina Dumitraş, *Tratat de Agrochimie,* Ed. Ceres, Bucureşti, 2005.

Folosirea intensivă a substanțelor chimice în agricultură are, fără îndoială, numeroase efecte pozitive. Uneori însă pot avea şi un rol negativ prin impurificarea aerului, apei, solului şi a recoltelor, fapt ce se repercutează asupra omului şi biosferei.

Unele din obiectivele industriale, ca cele ce produc îngrăşăminte chimice şi produse fitofarmaceutice, contribuie prin gazele şi pulberile reziduale la impurificarea atmosferei şi a solului, cu efecte şi asupra biosferei şi a agriculturii. Fumul, praful industrial, gazele industriale au efecte nefavorabile asupra transparenței aerului, a strălucirii soarelui, a fotosintezei şi asupra părților vegetative, ceea ce duce la apariția de modificări în habitusul general al plantelor şi la scăderea recoltelor.

Influențe negative se produc şi asupra activității microflorei şi microfaunei din sol, precum şi asupra echilibrului ecologic.

La rândul său, unele activități agricole pot să contribuie la poluarea biosferei. Grăunciorii de polen de la unele buruieni, în cazul unei agrotehnici necorespunzătoare, pot fi luați de vânt producând la persoanele mai sensibile alergii, astm şi febra fânului.

De la crescătoriile de animale se degajă NH_3 care impurifică atmosfera pe o mare rază de acțiune, iar apele de spălare ce se evacuează, de asemenea constituie o sursă de poluare.

Folosirea nerațională a îngrăşămintelor, utilizarea de doze excesive şi în special de produse cu azot, pot să provoace o serie de neajunsuri asupra mediului înconjurător, asupra omului şi a animalelor care consumă produse vegetale. Excesul de îngrăşăminte cu azot (conform *Directivei nitraților* doza de N s.a. este de max 170kg N/ha, în cazuri excepționale se acceptă doze de până la 210kgN/ha) duce la acumularea ionului nitric (NO_3^-) în plantele furajere sau în unele legume (spanac, varză) care pot acumula cantități de nitrați peste limitele maxime admise.

Normele UE privitoare la Directiva nitraților prevăd un conținut – LMA – în salata cultivată în câmp de 2000 ppm NO_3^-, în seră de 3000 ppm NO_3^-, iar pentru tomate sunt prevăzute conținuturi de 150 ppm NO_3^- în câmp, respectiv 300 ppm NO_3^- în seră.

Acestea introduse în organism, prin alimentație, pot provoca uneori intoxicații grave, întrucât nitrații sunt reduşi în intestin în nitriți, care au caracter toxic.

Dozele excesive de azot pot să ducă la poluarea pânzei de apă freatică, care este folosită ca apă potabilă sau la adăpatul animalelor. În general se admite un conținut în apă de NO_3^- + NO_2^- până la 50 ppm ca LMA. De asemenea, dozele excesive de fosfor pot să ducă la o creştere a conținutului apelor în fosfor, care stimulează creşterea algelor şi eutrofizarea râurilor şi lacurilor cu repercusiuni negative asupra condițiilor de viață a peştilor.

Pesticidele constituie un factor absolut indispensabil producției agricole. Utilizarea lor nerațională prin efectul rezidual acționează asupra biocenozei solului, a însuşirilor fizico-chimice a acestuia, precum şi asupra sănătății omului, a animalelor săbatice, a păsărilor şi peştilor. Unele pesticide sunt greu biodegradabile (clorderivații) şi se acumulează în sol, de unde pot trece în furaje şi din acestea ajung apoi în lapte, brânzeturi, carne etc. precum şi în legume, morcovi (0,3-0,7 ppm), cartofi (0,1-0,3 ppm), ridichi (0,2 ppm), sfeclă (0,1-0,3 ppm).

Pesticidele mai pot fi inhalate de om în timpul tratamentelor prin stropire sau prăfuire. Unele produse pesticide au acțiune teratogenă (captan) asupra embrionului.

Chimizarea intensivă necesită o mai mare tehnicitate şi responsabilitate din partea celor care le aplică, precum şi măsuri de protecție atât pentru om cât şi pentru biocenoza în care omul trăieşte.

TEST DE EVALUARE

1. Care sunt dozele de îngrăşăminte cu N maxim admise a se aplica conform normelor UE privitoare la Directiva nitraților ?

Răspuns:

Conform *Directivei nitraților* doza de N s.a. este de max 170kg N/ha, în cazuri excepționale se acceptă doze de până la 210kgN/ha.

2. Normele UE privitoare la Directiva nitraților prevăd un conținutului (LMA) în apă de nitrați şi nitriți, exprimat în ppm, de:

Răspuns:

Exerciții.

Exemplu rezolvat:

1. Îngrăşămintele care poluează cel mai mult apa, aerul, solul sunt:

a) Îngrăşămintele cu azot

b) Îngrăşămintele cu fosfor

c) Îngrăşămintele cu potasiu

d) Îngrăşămintele cu microelemente

Rezolvare: a

De rezolvat:

2. Pentru evitarea poluării mediului, sortimentul de îngrăşăminte cu azot de perspectivă este:

a) Îngrăşăminte granulate

b) Îngrăşăminte cu eliberare lentă

c) Îngrăşăminte sub formă de săruri cristalizate

d) Îngrăşăminte cu grad mare de higroscopicitate

Rezolvare:

REZUMATUL TEMEI

Impactul chimizării intensive asupra mediului înconjurător.

Poluarea solului, apelor, aerului şi recoltelor.

Riscurile poluării cu îngrăşăminte.

Legislația în vigoare privind aplicarea îngrăşămintelor minerale şi organice

TEST RECAPITULATIV

	Normele UE privitoare la Directiva nitraților prevăd un conținutului (LMA) în salata cultivată în câmp de:	2000 ppm NO_3^-	a
		100-200 ppm NO_3^-	b
		3000 ppm NO_3^-	c
	Normele UE privitoare la Directiva nitraților prevăd un conținutului (LMA) în salata în seră de:	3000 ppm NO_3^-	a
		100-200 ppm NO_3^-	b
		2000 ppm NO_3^-	c
	Normele UE privitoare la Directiva nitraților prevăd un conținutului (LMA) în tomate în câmp de:	150 ppm NO_3^-	a
		300 ppm NO_3^-	b
		50 ppm NO_3^-	c
	Normele UE privitoare la Directiva nitraților prevăd un conținutului (LMA) în tomate în seră de:	150 ppm NO_3^-	a
		300 ppm NO_3^-	b
		600 ppm NO_3^-	c
	Plantele în care se acumulează cantități mari de nitrați sunt:	Legume pentru frunze	a
		Rădăcinoase	b
		Pomi fructiferi	c

BIBLIOGRAFIE SELECTIVĂ

Alleweldt G.,1967. *Physiologie der Rebe*. Vitis, vol.VI.

Anstett A.,1967. *Fertilisation des cultures maraicheres sous serre.* BTI, 217, 119-132.

Baes, C.,F., Mesmer, R.,E., 1976. *The hydrolysis of cations.* Wiley, New York.

Barrow, N., J., 1989. *Suitability of sorption- desorbtion methods to simulate partitioning and movement of ions in soils.* Ecol. Stud. 74:3-17.

Blaga, Gh. şi. colab., 2008. *Pedologie,* Ed. Mega, Cluj-Napoca.

Blaga, Gh., Rusu, I., Udrescu, S., Vasile, D., 1996. *Pedologie,* E.D.P., Bucureşti.

Bolt, G.,H., 1983. *Soil Chemistry*, B. Physico-chemical Models, Elsevier Scientific Publishing Company, Netherlands.

Bolt,G.,H., Bruggenwert, M.,G.,M., 1978. *Soil chemistry* A. Basic elements. Developments in soil science 5A. Elsevier Scientific Publishing Company, Netherlands.

Borlan Z.,Hera Cr. şi colab.,1982. *Tabele şi nomograme agrochimice*.Ed.Ceres, Bucureşti.

Borlan Z.,Hera Cr.,1973. *Metode de aprecierea stării de fertilitate a solului în vederea folosirii raţionale a îngrăşămintelor*.Ed.Ceres, Bucureşti.

Borlan, Z., Hera C., 1984. *Optimizarea agrochimică a sistemului sol – plantă*, Ed. Academiei RSR, Bucureşti.

Borlan, Z., Hera C., Bunescu O., 1990. *Agrochimia fosforului. Aspecte actuale de interes practic şi ştiinţific*, Ed. Ceres, Bucureşti.

Bramlage W.I. şi colab.,1980. *The influence of mineral nutrition on the quality and storage performance of pome fruits growth in North America in Mineral nutrition of fruit trees.* Ed.by Butterworths, London, Boston 29-39.

Burzo, I. şi colab., 1999. *Fiziologia plantelor de cultură.* Întreprinderea Editorial-Poligrafică Ştiinţa, Chişinău.

Cernescu, N., 1939. *Determinarea capacităţii de schimb şi a cationilor schimbabili din sol*, Institutul geologic, Studii tehnice şi economice, Bucureşti.

Chapman H.D., 1966. *Diagnostic criteria for plants and soils*. University of California.Div.Agr.Science S.U.A.

Chiriţă, C.,1974. *Ecopedologie cu baze de pedologie generală*.Ed.Ceres, Bucureşti

Condei Gh., Dumitrescu Florentina, 1968 *Contribuţii la determinarea nevoii de hrană a viţei de vie şi echilibrul dintre principalele elemente de nutriţie mineralã (macroelemente)*. An.Inst.Vitic.Vinif.,Vol.I 199-214.

Codul de Bune Practici Agricole, forma revizuită, noiembrie 2005 prin ordinul nr. 1182/ 22.11.2005 al MINISTERUL MEDIULUI ŞI GOSPODĂRIRII APELOR şi prin ordinul nr. 1270/30.11.2005 al MINISTERUL AGRICULTURII, PĂDURILOR ŞI DEZVOLTĂRII RURALE.

Davidescu D. şi colab.,1988. *Microelementele în agricultură*. Ed.Academiei RSR Buc.

Davidescu D., 1956 , 1963. *Agrochimia*. Ed.Agrosilvicã Bucureşti

Davidescu D., Calancea L.,Velicica Davidescu, Lixandru Gh., 1981. *Agrochimia*. Ed.Didacticã şi Pedagogicã Bucureşti.

Davidescu D., şi colab., 1974. *Fosforul în agricultură,* Editura Academiei Republicii Socialiste România, Bucureşti.

Davidescu D., şi colab., 1976. *Azotul în agricultură,* Editura Academiei Republicii Socialiste România, Bucureşti.

Davidescu D., Velicica Davidescu, 1979. *Potasiul în agricultură,* Editura Academiei Republicii Socialiste România, Bucureşti.

Davidescu D., Velicica Davidescu, Lăcătuşu, R., 1984. *Sulful, calciul şi magneziul în agricultură*, Editura Academiei Republicii Socialiste România, Bucureşti.

Davidescu D.,1956. *Les cartogrames agrochimique des sols Roumaine.*Agrochimica, Pisa, Italia.

Davidescu D.,Velicica Davidescu,1972. *Testarea stării de fertilitate prin plantã şi sol*. Ed.Academiei RSR Bucureşti.

Davidescu D.,Velicica Davidescu, 1992. *Agrochimia horticolă.* Ed. Academiei Române. Bucureşti.

Davidescu D.,Velicica Davidescu, 1981. *Agrochimia modernă*. Ed. Academiei RSR Bucureşti.

Davidescu D., Velicica Davidescu, 1984. *Sulful, calciul şi magneziul în agricultură*. Ed.Academiei RSR Bucureşti.

Davidescu D.,Velicica Davidescu.,1978. *Agenda agrochimică*.Ed.Ceres Bucureşti.

Davidescu Velicica, 2000, *Agrochimia şi chimia pesticidelor,* Ed. AMD, USAMV, Bucureşti.

Davidescu Velicica, Davidescu, D., 1999, *Compendium agrochimic,* Editura Academiei Române, Bucureşti.

Davidescu Velicica, Costea Gabriela, Madjar Roxana, Stănică F., Careţu Georgeta, 2001. *Substraturi de cultură.* Ed. Ceres, Bucureşti.

Eliade, Gh., Ghinea, L., Ştefanic, Gh., 1983. *Bazele biologice ale fertilităţii solului,* Ed. Ceres, Bucureşti.

Enăchescu Georgeta,1984. *Compoziţia chimică a principalelor plante de cultură*. Vol. V Legumele, Ed.Academiei RSR Bucureşti.

FAO, 2006, *Plant nutrition for food security,* Food and Agriculture Organization of the United Nations, Roma.

Fitzgerald, J.,W.,Stricklöand, T., C., Ash, J.,T., 1985, *Biogeochemistry*.1,155-167.

Ghinea L.,1985. *Viaţa în sol.* Ed.Ceres Bucureşti.

Hera Cr., Eliade Gh., Ghinea L., Popescu Ana, 1984. *Asigurarea azotului necesar culturilor agricole,* Ed.Ceres Bucureşti.

Herms,U., Brümmer,G.,1982. In:R.D.DavisG.Hucker und P.L'Hermite (Eds.), *Environmental effects of organic and inorganic contaminants in sewage sludge,* 209-214; D. Reidel Publishing Company.

Institutul Naţional de Statistică, 2006. *Anuarul statistic al României*, editat de Institutul Naţional de Statistică.

Institutul Naţional de Statistică, 2008. *Anuarul statistic al României*, editat de Institutul Naţional de Statistică.

Ionescu Alex.,1982. *Fenomenul de poluare şi măsuri antipoluante în agricultură.* Ed.Ceres Bucureşti.

Iovi A.,1977. *Tehnologia îngrăşămintelor minerale*. Ed.Didactică şi Pedagogică, Bucureşti.

Jones, C., Jacobsen, J., 2005. *Plant Nutrition and Soil Fertility,* Montana State University, Bozeman.

Kononova, M.M., 1961. *Soil Organic Matter.* Its nature, its role in soil formation and in soil fertility, Pergamon Press, New York.

Kovda,V.,A., Szabolcs, I., 1979. *Modelling of salinization and alkalization*. Agrochemistry and Soil Science.Tom.28:1-208, Budapest.

Kronzucker, H.J., 2005. *A new encyclopedic account of plant nutrition: broad, brilliant, but also flawed*, American Journal of Botany 92(8): 1421-1424.

Lăcătuş V., şi colab.,1973. *Amestecuri nutritive pentru producerea răsadurilor de legume. Contribuţii de metodică în sprijinul laboratoarelor de chimizare.* II,85-104,CIDAS.

Lăcătuş V., şi colab.,1979. *Nutriţia şi fertilizarea principalelor legume cultivate în sere.* An.ICLF, Vol.V, 179-193.

Lăcătuşu, R., 2000, *Agrochimie*, Ed. Helicon, Timişoara.

Levy J.F.,1967. *L'application du diagnostic foliaire a la determination des besoins alimentaires des vignes.* Vignes et Vins.nr.157, 23-33.

Lindsay, W.,L., 1979. *Chemical Equilibria in Soils.* John Wiley and Sons, New York.

Lixandru Gh.,1985. *Agrochimie*. C. M. Inst.Agronomic Iaşi.

Madjar R., Davidescu V., Gheorghita N., Manescu C., 2007. *Cercetari agrochimice privind valorificarea unor deseuri organice sub formă de substraturi.* Ed. Invel Multimedia, Bucureşti.

Madjar Roxana, 2008. *Agrochimie* – Planta şi solul. Ed. INVEL Multimedia, Bucureşti.

Malatova,E.,1976. *Manual de quimica agricola.* Ed. Agrochimica Ceres, Sao Paulo.

McLean, E.,O.,1982. *Soil pH and lime requirement.* In A.L. Page et al. (ed.) Methods of soil analysis Part2. 2nd ed. Agron. Monogr. 9. ASA and SSSa, Madison,WI.

Mengel, K., Kirby A., 2001, *Principles of plant nutrition,* 5th ed. Kluwer, Dordrecht, Netherlands.

Mocanu, R., Ana Maria Mocanu, 2003. *Agrochimie*, Ed. Universitaria, Craiova.

Munteanu T. colab.,1986. *Consumul de NPK la cultura de ardei, gogoşar cultivat în câmp*. An.ICLF Vol VIII, 485-491.

Neamţu Gavrilă,1983. *Biochimia ecologică.* Ed.Dacia Cluj Napoca.

Negoescu B., Vlăsceanu G., 2006. *Geografie economică- resursele Terrei*. Editura Meteor Press, Bucureşti, p.45, 63.

Negrilă A.,1971. *Pomicultura*. Ed.Didactică şi Pedagogică Bucureşti.

Nesterova S.,1976. *Emploi de l'analyse des plantes pour la determination de besoins en engrais N et P.* VIII Congr.Int.Fert.Moscova 3, 149-159.

Newman, A.C.D.,1987. *Chemistry of clays and clay minerals.* Min. Soc., London

Oanea, N., Rogobete,Gh., 1977. *Pedologie generală şi ameliorativă*. Edit. Didactică şi Pedagogică, Bucureşti.

Podoleanu M. colab.,1979. *Prognoza fertilizării pe baza diagnozei foliare la cultura tomatelor.* An.ICLF Vol.V 195-206.

Preda M.,1981. *Floricultura*. Ed-Ceres Bucureşti.

Răuță C.,Aurelia Chiriac,1980. *Metodologie de analiza plantei pentru evaluarea stării de nutriție minerală.* ICPA Bucureşti.

Rusu, M.., şi colab., 2005. *Tratat de agrochimie.* Ed. Ceres, Bucureşti.

Sanda, V., Alexiu, V., Ştefănuţ, S. *Vegetația solurilor saline şi alcalice din România. Evoluția acesteia sub influența lucrărilor hidroameliorative.* Institutul de Biologie al Academiei, Bucureşti

Sandu, Gh., 1984. *Solurile saline şi alcalice din R.S. România - ameliorarea lor*. Ed. Ceres, Bucureşti.

Sandu, Gh., Vlas, I., Mladin, M., 1986. *Salinitatea solurilor şi cultura plantelor.* Ed. Ceres, Bucureşti.

Schnitzer, M.,Khan,S.,U.,1978., *Soil organic matter.* Elsevier, Amsterdam. *Science et Vie* No. 243, iunie, 2008.

Sonneveld G.,1982. *Items for application of macro-elements in soiles culture*. Acta Hort 126, 187-196.

Sparks, D., L., Huang, P., M., 1985. *Physical chemistry of soil potassium.* Potassium in agriculture. American Society of Agronomy, Crop Science Society of America and Soil Science Society of America, Madison, WI.

Sposito, G., 1986. *The thermodynamics of soil solution.* P.147-178. in D.L. Sparks (ed.) Soil physical chemistry. CRC Press, Boca Raton, FL.

Sposito,G., 1989, *The chemistry of Soils*. Oxford University Press, New York.

Ştefanic, Gh., Săndoiu, I.D., Niculina Gheorghiță, 2006. *Biologia solurilor agricole*, Ed. Elisavaros, Bucureşti.

Stevenson,F.,G., Ardakani,M.,S.,1973. *Micronutrients in agriculture,* Soil Sci. Soc. Am. Madison (Wisc).

Stevenson,F.,J., 1982. *Humus chemistry.* Wikey, New York.

Tan,K.,H., 1993. *Principles of soil chemistry*. Marcel Dekker Inc., USA.

Teşu, C., Drăgan, I., Puiu, Şt., Şorop, Gr., Miclăuş, V., 1983. *Pedologie.* Ed. Didactică şi Pedagogică, Bucureşti.

Tisdale,S.,L.,Nelson,W.,J.,Beaton,J.,D., and Havlin, J.,L.,1993. *Soil fertility and fertilizers.* Macmillan Publishing Co., Inc., New York, NY.

Vintilă Irina, Borlan Z., Răuță C., Daniluc D., Țigănaş Letiția, 1984. *Situația agrochimică a solurilor din România*, Ed.Ceres Bucureşti.

Wagenet, R., J., 1983. *Principles of salt movement in soil.* In Chemical Mobility and Reactivity in Soil Systems. Eds. D.W. Nelson et al. pp 123-140 Special Publication No.11 Soil Science Society of America, Madison, WI, USA.

Walsh , Beaton (ed),1973. *Soil testing and plant analysis*. Soil Sci.Soc.Amer.

Welch,L.,F., Scott, A.,D.,1961. *Availability of nonexchangeable soil potassium to plants as affected by added potassium and ammonium.* Soil Sci. Soc. Am.Proc. 25:102-104.